二十世纪西方哲学译丛

科学的结构

——科学说明的逻辑问题

The Structure of Science









科学的结构

The Structure of Science

[美] 欧内斯特·内格尔 著

徐向东 译



图书在版编目(CIP)数据

科学的结构／(美)内格尔(Nagel,E.)著；徐向东译.—上海：上海译文出版社,2002.4
(二十世纪西方哲学译丛)
书名原文：The Structure of Science
ISBN 7-5327-2574-X

Ⅰ.科... Ⅱ.①内...②徐... Ⅲ.科学哲学-方法论-研究 Ⅳ.N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 02441 号

Ernest Nagel
THE STRUCTURE OF SCIENCE
Problems in the Logic of Scientific Explanation
Hackett Publishing Company, 1979
根据哈克特出版公司 1979 年第 2 版译出

图字：09-1999-349 号

科学的结构
科学说明的逻辑问题
[美]欧内斯特·内格尔 著
徐向东 译

上海世纪出版集团
译文出版社出版、发行
上海福建中路 193 号
易文网：www.ewen.cc
全国新华书店经销
上海出版印刷有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 23.75 插页 2 字数 550,000
2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷
印数：0,001—5,100 册
ISBN 7-5327-2574-X/B·114
定价：45.00 元

译 者 的 话

欧内斯特·内格尔1901年11月16日生于捷克的诺夫梅斯托，10岁时随父母迁居美国，1919年加入美国籍，1923年在纽约市立学院获理学士学位，1925年在哥伦比亚大学获数学硕士学位，1931年在该校获哲学博士学位。内格尔曾短期执教于纽约市立学院，从1931年起长期执教于哥伦比亚大学（其间只有1966年任职于洛克菲勒大学哲学系），1946年起升为教授，1955—1966年任约翰·杜威讲座教授，1966—1970年任校级教授，1970年退休。1985年9月20日内格尔在纽约逝世，享年84岁。

内格尔在美国学术界享有盛誉。他曾于1954年主持普林斯顿大学的瓦尼克桑讲座，1960年主持加利福尼亚大学伯克利分校的豪伊森讲座，1963年主持美国哲学协会的卡勒斯讲座。他曾于1964、1965、1967、1970、1971、1972和1979年分别获得纽约巴德学院、布兰迪斯大学、拉特格斯大学、凯斯西部保留地大学、哥伦比亚大学、纽约市立大学和加拿大古尔菲大学的荣誉博士称号。由于他在学术上的杰出贡献，哥伦比亚大学于1954年授予他布尔特银质奖章。内格尔是美国国家科学院院士，英国科学院通讯院士；此外，他还是美国文理学院、美国哲学协会和美国科学发展促进会的会员。他于1946—1947年担任美国哲学和科学方法论研究会主席、1947—1949年担任美国符号逻辑协会主席，1954年担任美国哲学协会东部分会主席。

内格尔的主要著作包括:《论度量的逻辑》(1932年)、《逻辑和科学方法导论》(与莫里斯·R·科恩合著)(1934年)、《概率论原理》(1939年)、《至高无上的理性》(1954年)、《没有形而上学的逻辑》(1957年)、《哥德尔的证明》(与J·R·纽曼合著)(1958年)、《科学的结构》(1961年、1968年、1971年、1974年、1979年4次重版)、《科学中的观察和理论》(与他人合著,1971年)、《对目的论的再考察以及科学哲学和科学史的其他论文》(1978年)。

一、自然主义和内格尔的一般哲学背景

内格尔受到的学术影响主要来自他的老师莫里斯·R·科恩、约翰·杜威和弗里德里克·J·E·伍德布里奇,以及查尔斯·S·皮尔士、贝特兰·罗素和乔治·桑塔耶那的著作。因此,实用主义、自然主义、逻辑实证主义和哲学分析都在他的思想历程中留下了深刻的痕迹。但是,作为第二次世界大战后在美国哲学界兴起的一位重要哲学家,内格尔主要属于哥伦比亚大学自然主义这个哲学流派,他的观点一般被称为"科学的自然主义"或"结构的自然主义"。

青年时期的内格尔求学于哥伦比亚大学,而哥伦比亚大学是美国实用主义的发源地之一,杜威就是内格尔的授业导师之一,因此不难想象实用主义思想对内格尔的影响。但事实上内格尔在青年时期与他在市立学院的老师M·R·科恩的关系最密切,甚至在经历上也与科恩相似。内格尔像科恩一样,具有深入浅出、简洁明了地阐明逻辑学、数学和自然科学中的深奥问题的天才(他与纽曼合著的《哥德尔的证明》即是一例)。他最先接受的便是科恩的新实在论观点。他与科恩合著的《逻辑和科学方法导论》一书试图从新实在论的立场来论证现代逻辑的基本原

理在科学方法、自然科学和社会科学以及在法律和历史中的作用。尽管后来他的思想发生了转向，但他对于科恩引导他走上科学哲学的道路仍然表示无限的感激。

这个思想上的转向与内格尔对当时盛行的哲学思潮的广泛接触有关。30年代初，他到欧洲游学一年，开始接触当时正在欧洲蓬勃发展的逻辑实证主义运动，并受到深刻影响。他于1936年在《哲学杂志》上发表了一篇具有历史意义的报告：《对欧洲分析哲学的印象和评价》。这是继赫伯特·费格尔和A·E·布卢姆伯格的文章《逻辑实证主义：欧洲哲学的一场新运动》(1931年)之后，向美国哲学家系统地介绍维也纳学派的第二篇文章。在这篇文章中，内格尔描述了以G·E·摩尔和维特根斯坦为中心的剑桥分析学派，评价了卡尔纳普的思想，解说了分析哲学的一个主要观点：哲学便是对语言的逻辑句法的研究，应该排除形而上学，因为它立足于错误的语法。在后来的《哥德尔的证明》一书中，他又详细评述了哥德尔这位受逻辑实证主义影响颇深的数理逻辑学家的思想，生动地阐明了哥德尔不完全性定理的证明及其哲学意义。在30年代，美国实用主义者和自然主义者与欧洲的逻辑实证主义者之间的亲密关系还没有取得实质性的进展，可是，内格尔已开始使逻辑实证主义的许多学说适应弹性更大的自然主义框架。他把二者的平衡和调和称为理性的经验主义。这个名称的使用充分表达了他所受到的影响：科恩使他认识到理性的重要性、伍德布里奇让他懂得自然是某种具有充分特质和实体的东西，杜威则教他把经验看作是客观的和有结构的。这些影响初步构成了他的语境论自然主义(contextualist naturalism)的萌芽。

从40年代起，内格尔放弃了他早先持有的新实在论观点，开始系统地转向自然主义。他在1944年发表的重要论文《没有

本体论的逻辑》标志着他正式转向自然主义。这篇文章收在《自然主义与人类精神》一书中。这本书是自然主义运动的一个重要的里程碑，表达了当代自然主义的中心思想。自然主义认为，科学不仅仅是一个确定的知识体系，更重要的是一种训练有素的研究方法，作为一种方法，科学在对它的研究对象的分析中，排除了极端的二元论或任何神秘的"分支"。因此，只有一个自然，它是相当连续的，科学方法的统一性揭示了这种连续性；人完全是自然的存在物：他的心灵植根于自然之中，并没有一个与自然界分离的神秘的"精神世界"。这种自然主义使内格尔对某些广泛的哲学问题采取一种唯物主义的、决定论的和无神论的坚定立场。不过，必须在如下意义上来理解内格尔的唯物主义，即认为一切事件、性质和过程(包括心理事件、性质和过程)都有赖于在时空上定位的物体的组织，在自然的秩序中、有组织的东西具有因果的优先性。自然的连续性和科学方法的统一性这个自然主义的观念在《科学的结构》中得到了系统的、清晰的阐述。

内格尔对自然主义的贡献主要表现在他对科学特征的阐发上。他把科学哲学家处理的问题分解为四个主要种类：理论与经验的关系问题，可靠知识的本质和基础的问题，对一种总体的宇宙观的长期探求以及科学与社会的关系问题。

在《没有本体论的逻辑》这篇文章中，内格尔捍卫一种对逻辑的自然主义解释。他论证说，必须根据逻辑—数学原则在特殊的语境(或情景)即具体的研究中的功能来理解这些原则，他就此批评了那种通过引证本体论根据或超验根据来说明逻辑规律的意义、保证和必然性的试图。(这样他便抛弃了他在《逻辑和科学方法导论》中的观点，即认为逻辑原理是内在适用的、因为它们涉及到具有终极普遍性的本体论特征的观点。)在他看来，逻辑原则具有"必然真理"的说法是有语境限制和操作限制

的。如果可以把科学方法理解为广泛意义上的逻辑，那么内格尔就能把语境论的分析方法推广到一般的科学研究中。

在1947年发表的另一篇重要论文《至高无上的理性》中，内格尔对布兰德·布兰夏德的理性唯心主义进行了深刻的批评。这个批评显示了内格尔的一个最强烈的哲学信念——这也是《没有本体论的逻辑》一文中的一个主题：正因为逻辑原理（甚至纯粹理性）是分析的，所以它们是获得知识或发现关于实在的真理的必要手段，但不是充分手段。在内格尔看来，逻辑的任务是揭示假设，澄清可靠的知识主张据以立足和借以对它们进行批判评价的方法。随着新知识的发展，一切知识主张——甚至那些印象最深地得到证据和实验支持的主张——都会受到修改或拒斥。这个经验主义信条使内格尔把偶然性接受为自然的一个真正特性，把可错性接受为人类探索的一个不可避免的特点。从1940—1970年的30年间，内格尔致力于提出一种植根于英国经验主义传统但又搀和着美国实用主义的科学观。这种科学观成为他在《科学的结构》一书中加以贯彻的一个基本原则。

内格尔在40—50年代关于语境论自然主义的一系列论文收在两本论文集《至高无上的理性》（1954年）和《没有形而上学的逻辑》（1957年）中。语境论的分析方法主张应在特定的语境中用特定的方法和知识体系来解决特定的问题。内格尔正是按照这个分析方法来探讨科学哲学中的一般问题，并且评价其他思想家所作出的贡献。这一点在《科学的结构》中得到了最清楚的例证。

1954年，内格尔当选为美国哲学协会东部分会主席，在这个分会的年会上，内格尔以“对自然主义的新想法”为题发表了他的就职演说。在演说中，他概述了他的自然主义的中心信条和一般观点。自然主义的主要特征是对科学尤其是科学方法的

忠诚。虽然科学不是人类唯一的文化建制，正如另一位自然主义哲学家兰德尔所表明的，必须以对文化发展的历史考察来补充科学对人在宇宙中的地位的探究，可是，方法论是当代自然主义者与其他方法论哲学(实用主义、逻辑实证主义、语言分析、现象学、辩证唯物主义等等)联系起来的固定点。因此内格尔指出："自然主义既包括一种探究的逻辑，也包括对宇宙结构和人在其中的地位的普遍论述"，作为数个世纪以来反复得到人类经验证实的东西，"自然主义是对在实践中和在批判性的思考中接触到的世界所作的正确的概括性论述，是对人类社会的合理展望"(《没有形而上学的逻辑》第 6 页)。

内格尔指出了自然主义的两个基本论点。"第一个论点便是在现实的自然秩序中有组织的事物的存在优先性和因果优先性。这就是这一假定、事件、性质和过程的发生以及各种个体的独特行为都是随在时空中定位的物体的组织而定的，这些物体的内在结构和外在关系决定和限制着发生的每一事物的出现和消失"(同上引，第 7 页)。这个论点排除了在自然中和在自然之外的超自然力的作用，不管这种超自然力是被看作一种引导着事件历程的假想的非物质的精神还是被看作在自然死亡之后还幸存的所谓不死的灵魂。"自然主义的第二个主要论点是：事物以及它们的性质和功能的那种明显的多样性是宇宙的一个不可还原的特点，它们不是把同质性更多的某种'终极实在'或超验实体掩盖起来的虚假现象；事件发生的前后次序或事物存在的种种依赖关系只是偶然联系，而不是具有必然的逻辑联系的一个固定的统一模式的体现"(同上引，第 7—8 页)。由此可见，内格尔的自然主义显然不是那种把一切现象都还原到按照机械规律而运动的有组织物质之现象的机械唯物主义。他承认精神事件的存在，承认与自然相连续的人的存在，承认人的价值以及人

类历史和人类社会的存在，但同时也承认自然界的统一性和连续性。这个观点在内格尔对理论还原的分析中得到了具体体现，他相信科学方法对于理解生命、意识、社会和历史不仅是合适的，而且是本质的。因此，自然主义意味着“不可还原的多样性和逻辑偶然性是我们实际上栖息的世界的根本特征”（同上引，第9页）。

内格尔的科学观与他对逻辑和数学的自然主义态度有本质的联系。内格尔早期对逻辑所采取的是亚里士多德的实在论观点，在他看来，命题之间的蕴含构成了逻辑学的研究内容，命题是关于对象的，因此命题之间的蕴含关系便构成了世界的结构；即使与对象相联系的命题是假的，对象之间的可能关系仍可以是客观有效的，因此逻辑学处理现实的和可能的东西，排除不可能的东西。但内格尔最终抛弃了这种实在论，并批判地接受了杜威的自然主义。虽然他比杜威更强调符号逻辑和数学，但他同意杜威的观点，把逻辑设想为一个无所不包的学科，这门学科“研究人们为了获得稳定可靠的知识而采用的方法，检验它们在获得这一目的上的有效性，考察在人类活动的每个部门中批判性思维的作用，对话语的意义及其有效操作据以立足的条件建立一种严格的研究。它是获得理性生活和理性社会的真正工具”（《至高无上的理性》第52页）。因此，内格尔的“逻辑”与“纯粹理性”具有类似的地位，作为一种方法论工具，逻辑成为纯粹理性的合理内核，这是西方“数学理性”或“逻辑理性”的观点在自然主义思想中的延伸。

内格尔对逻辑理论的贡献在他的著名论文“没有本体论的逻辑”中达到了顶峰。在这篇论文中他阐述了自然主义的逻辑概念，以抛弃一切形而上学预设。他按照自然主义者处理比如说非矛盾律的不同方式区分出三种自然主义的逻辑概念。第一

种，也即经典自然主义，把非矛盾律定义为“对现实的和可能的事物的限制性结构进行描述的一个必然真理”。第二种把它解释为是“一个以自然之经验研究为基础的偶然的但高度可靠的结论”。第三种观点认为这个原理“缺乏事实内容，它主要用于整理对符号系统之构造的一个任意说明”。内格尔不同意对这个原理的这三种解释（这同样见于他对牛顿力学运动公理的认知地位的分析中，见本书第七章）。他指出：“如果自然主义自称要接受为了获得关于世界的知识而由各门经验科学采用的方法，那么它不可能始终如一地声称对事物的最深刻的结构有一个先验的见识。如果它目的在于对科学知识的探究中所采用的各种原则给出一个前后一致的、充分的说明，那么当一些这样的原则不受实验反驳时它不能认为这些原则都是经验概括。如果它承认逻辑原理在某些语境（即在研究中）中有一个可以识别的功能，那么它不能只根据这一点——当离开那些语境来考虑这些原理时它们缺乏经验内容——就一致认为那些原理完全是任意的。”（同上引，第56—57页）

因此，内格尔对逻辑所采取的既不是先验论的观点又不是经验论的观点，甚至也不是形式主义的观点。相反，他采取的仍然是一种语境论自然主义的态度：按照在特定的语境中与逻辑—数学的概念和原理相联系的操作来解释这些概念和原理（一个杰出的例子是内格尔对非欧几何及它们之间的关系的分析，参见本书第八、九章）。逻辑原理既不是实在的先验结构，又不是经验概括，也不是纯粹的逻辑重言式，而是一种规范性规则，它们对于语言的使用来说是规定性的——逻辑原理指定了精确地使用语言的最小条件，它们也用于确立那些本身可能不是必然的陈述之间的必然联系。总之，逻辑是某种“生成”的东西，但却具有规范的性质。

内格尔对数学理论之本质的分析遵循着同样的原则，他以同样的方式来处理纯数学和应用数学之间的关系这个困难问题。纯数学的命题是逻辑上必然的，勿需由经验证据来保证的；可是应用数学的命题与实验程序相联系，是经验的。如何说明二者之间的关系呢？解决这个问题的关键在于注意到数学在特定的研究情景中的操作。例如从算术在测量中的操作来理解它的本质特征。内格尔由此得出的结论是，没有必要假设数学反映了事物的真实结构。内格尔进一步指出，数学中的符号系统与逻辑学中的符号系统一样履行着重要的功能。可是，符号并不反映思想的所谓必然性，也不反映实在的结构，于是内格尔达到了他的目标——这就是"使得这一观点变得合理，即能够澄清逻辑—数学这两个学科在科学研究中的作用而勿需为之构造出一个实体化的题材；表明一种摆脱了思辨奇想和承诺一种全心全意的操作观点的自然主义代表现代数学—实验科学的倾向"（同上引，第57页）。

现在，我们可以在语境论自然主义这个哲学背景下来简要地介绍《科学的结构》的主要思想。

二、科学说明及其结构

内格尔的主要贡献是在科学哲学方面。《哲学杂志》在内格尔逝世的讣告中对他作了这样的评价："欧内斯特·内格尔对美国科学哲学的影响是无比卓越的。他的许多著作对于我们理解说明和还原、概率和确认以及逻辑和数学的历史和基础作出了根本的贡献。他的工作巡视了自然科学和社会科学，并且扩展进入了法哲学的论题。他的《科学的结构》是一部经典作品。"《科学的结构》是内格尔的科学哲学思想的系统阐述。美国《哲

学百科全书》指出："内格尔的著作《科学的结构》是对他多年来的教学和他在科学思想的许多特殊方面的大量著述进行统一的、综合性的提炼的结晶。它是内格尔对说明的本质、对科学研究的逻辑和科学知识组织的逻辑结构的分析的最完备的讲解，它阐明了物理科学、生物科学和社会科学中说明的形成和评价的主要问题。"正如他在前言中说明的，在科学的逻辑中有三个领域需要研究：科学说明的本质、科学概念的逻辑结构以及对各门科学中知识主张的评价。由于答应在以后的一本著作中来处理后两个部分，在《科学的结构》中，内格尔倾其所能致力于阐述科学说明的本质，即研究它们的逻辑结构、它们的相互关系以及它们对知识进行系统化的方法。

从理论上来说，科学说明是科学研究的主要目的。科学试图根据那些能够对"为什么"的问题提出回答的说明原理来系统地组织我们关于世界的知识，所以，"根据说明原理来对知识进行组织和分类才是科学的与众不同的目的。……科学力图以一般的术语来发现和表述各种类型的事件发生的条件，而对这些决定性事件的陈述就是对相应事件的说明"(见原书第 4 页)。在不同的历史时期，各门科学对说明的要求和说明所达到的完善程度是不同的，但是，我们可以说，对说明的完备性的不断追求是推动科学发展的一个主要动力，因为那标志着我们对于自然界及其产物的理解正在不断加深。所以，任何一门严格意义上的科学都不能不对说明进行认真的探讨。反过来，在科学说明中形成的一些公认原则也就成为衡量一门科学的成熟性、评价知识的增长、乃至区分科学与伪科学的一个主要标准。除了关涉经验与理论的关系，科学理论的逻辑结构，证据、概率和确认的关系，理论之间的关系等一系列问题外，科学说明还涉及到一些更深刻的哲学问题，如规律的本质，归纳的本质，非决定论

与因果说明的局限性，模态的形而上学，实在论与反实在论，以及科学的目的等。因此，不难理解科学说明为什么应该成为科学哲学的中心论题、引起大量杰出的科学家和科学哲学家的兴趣和关注。

在内格尔看来，存在着四种类型的科学说明。第一种是演绎型的说明。这种说明把有待说明的事实看作是“说明前提的逻辑上必然的推理”(见本书第23页)。第二种是或然型的说明。由于缺乏充分的证据，这种说明的前提在形式上并不蕴含要待说明的事实，而只是使之成为可能。这种说明的完备性曾是一个引起热烈争论的话题。第三种是功能说明或目的论说明，最常见于生物学和社会科学中。它“或者指出一个单元在维护或实现它所属的系统的某些特征方面所履行的一个或多个功能(甚或是功能失调)，或者阐述一个行动在导致某个目标中所起的工具作用”(见本书第26页)。最近30年，随着计算机模拟在心理学中的兴起，功能主义的说明模型和目的论说明也在心理学说明中占据主导地位。第四种说明是发生学说明。这种说明往往见于历史研究中，它“通过描述一个特定的研究题材是如何从某个早先的题材中演变出来的”来说明这个研究题材的某些特征(见本书第28页)。《科学的结构》通篇在于阐述这几种说明的基本特征和一些相关的重要问题。

演绎型的说明最常见于自然科学中，这就是著名的说明的“覆盖律模型”，它从一个侧面反映了自然科学中对规律的探求的必要性。这种说明除了必须满足演绎推理的形式要求外，为了使之有意义并且具有更广泛的普遍性，还必须满足认识论要求和实质性要求。前者规定人们与说明前提应该保持一种什么样的认识关系，后者规定说明前提应该具有一种什么样的实质性内容。这两个要求是把演绎说明的逻辑形式应用于特定的研

究情景的先决条件。如果一个说明满足认识论要求，那么，即使它的说明前提一时还不为人们所熟悉（即不满足所谓的亚里士多德要求），但它们最终会成为有充分根据的假定。而且，由于它的前提具有充分的根据，它就是一个可接受的说明。而实质性要求则使通过模型和类比来发展综合性的说明体系成为可能。

为了进行说明，科学家必须构造理论。这样，理论的本质、地位和结构的问题便成为内格尔关注的一个主要对象。实际上，《科学的结构》一书也可以从结构上分为两部分，第一部分主要处理一般的理论，对理论作一种“抽象的”分析和论述，第二部分则着重处理特殊的理论（经典力学、量子力学、有机论生物学、社会科学的哲学和历史学）和由此产生的特殊问题。

内格尔从实验定律和理论的区分来开始探讨科学理论的本质和结构。在他看来，科学总是始于观察，它追求对事物之间的系统秩序的描述和概括，即追求规律或定律。在科学中，许多定律是表述那些只有借助于感觉器官或观测仪器才能观察到的事物或事物的特征之间的关系，这种定律便是所谓的“实验定律”。与之相对，我们可以把那些通常不能借助于任何观测手段来加以观察的事物或事物特征之间的关系的假设称为理论。显然，实验定律和理论的区分并不是绝对的，可是，“从本质上说，理论不可能是从观察资料中得来的经验概括，因为一般来说没有可以在实验上鉴别出来的事例属于理论的公开论域”（见本书第102页），因此二者的区分也不是任意的、毫无根据的。另一方面，我们又总是通过观察来检验那充当说明和预言之工具的理论。那么，观察、实验定律和理论之间的关系如何呢？这就涉及到理论的本质和结构的问题。

内格尔对理论的本质的分析强调科学理论的逻辑和数学特征。他区分出理论的三个主要成分：“（1）一种抽象的演算，它是

该系统的逻辑骨骼，它'隐含地'定义了这个系统的基本概念；(2)一套规则，通过把抽象演算与具体的观察实验材料联系起来，这套规则实际上便为该抽象演算指定了一个经验内容；(3)对抽象演算的解释或模型，它按照那些或多或少比较熟悉的概念材料或可以形象化的材料使这个骨骼变得有血有肉"(见本书第107页)。在这三个成分中，最值得注意的便是对应规则。抽象演算只是隐含地定义那些构成理论之基本假定的非逻辑词项，它并没有按照那些用来表征可观察题材的谓词为理论概念提供明确定义。为理论概念提供显式定义的是对应规则，因为正是对应规则把理论概念与观察对象联系起来，从而使我们能够从理论中推出观察陈述或实验定律。玻尔的原子论详细例证了对应规则的作用，通过对应规则，电子跃迁的理论概念与光谱线位置的实验概念联系起来。此外，对应规则的概念也是理论还原的形式条件中的一个重要成分。

模型、隐喻和类比是发展理论的一个有效手段，内格尔对这些概念的分析显示了他与极端的形式主义者和逻辑实证主义者的不同。逻辑实证主义者认为理论概念的全部意义都来自能够从它们推出的经验命题。但在内格尔看来，理论概念也能从模型中获得某种非经验的意义。内格尔重申了物理学家赫兹对物理理论的要求。赫兹认为物理学的唯一任务是构造外在对象的"映象"或"符号"，以便符号(即我们对事物的概念)的逻辑推理总是可以描绘为事物之本质的必然结果。因此理论的中心作用便是作为从一些可观察事件推导出另一些可观察事件的工具。可是，这个工具的要求并不唯一地决定获得这一目标的符号系统；理论总是包含着一些"富余的关系"或"空关系"，这些"空关系"进入理论之中只是因为理论是复杂的符号，是我们心灵所产生的映象，因而必然受我们描绘它们的方式的特征的影响。内

格尔对赫兹观点的赞同是与他对逻辑的自然主义态度相一致的。

对应规则一般来说并不使在理论说明中所采用的每一个理论概念都与实验概念相联系。决定理论与观察之关系的不仅仅是对应规则,它还取决于我们对待理论的认知态度。内格尔批判地考察了有关理论之认知地位的三种标准观点,并试图从自然主义的角度来平衡和调和这些观点。这三种标准观点便是描述性的理论观、工具主义的理论观和实在论的理论观。

描述性的理论观认为,科学绝不对任何东西进行"说明",它只是以一种"简单的"或"经济的"方式描述事件发生的先后关系和同时关系,因此它把理论看作是对可观察事件和性质之间的依赖关系的一种简明、省略的表述。内格尔指出,对描述论有两种理解。一种比较极端的理解便是把现象主义的知识论用于科学说明,认为"在心理上基本且无可置疑的知识对象就是内省经验和感觉经验的'直接印象'或'感觉内容'"。这样便要求"每一个经验陈述,如果它含有并非指代直接感觉资料的表达式,那么它在原则上必须可以翻译成为关于直接经验对象的前后关系或共存关系的陈述,同时又不丧失任何可证实的意义"(见本书第142页)。这种描述性的理论观让我们想起马赫,实际上大部分的逻辑实证主义者也认同这种观点。这种观点不仅面临现象主义无法克服的同样困难,而且也蒙受意义的可证实性原则所受到的同样攻击。基本的感觉材料并不是构成我们观念的原始经验材料,正如维特根斯坦的私人语言论证所表明的,我们用于描述直接经验的语言同时也是而且必须是通过社会交往形成的语言,这里已经没有"纯经验"的东西。其次,正如R·M·齐硕姆等人表明的,物理主义的"可翻译论点"至少对心理语句存在困难。

工具主义观点认为,理论主要是组织经验和整理实验定律

的逻辑工具。内格尔对这个观点基本上持赞成态度，但是他也坦率地指出了工具主义的局限性。首先，理论的确主要是一种据以引出推理的指导原则，但这并不排斥对理论的真理论表征。其次，工具主义者没有为微观物理理论所设定的像电子或光波这样的"科学对象"的物理实在性提供一致的说明。

与工具主义者不同，实在论者强调理论实体的实在性。实在论与一切形式的反实在论（包括工具主义）的一个争论焦点，便是对物理实在性概念的界定，正是这个概念把这场争论引入更深更广的哲学背景中。内格尔用他的语境论的分析方法讨论了几种物理实在性标准，认为实在论者回答了反实在论者对理论实体概念的非难，但他们还没有最终解决有关问题。

最近十几年来，实在论和反实在论的争论又成为科学哲学的一个主旋律，虽然目前的争论与内格尔讨论这个问题的时候有些不同，例如现在它与语言哲学和自然化的认识论有更密切的联系。但内格尔对实在论和工具主义之间的争论的分析至今还是有启发性和指导意义的。语境论的分析方法的灵活性在这里显示出它的长处。他用语言分析方法来澄清竞争观点之间的冲突，他认为，这种冲突并不是在事实问题上的真正不同，而是由于语词用法上的根本误解，是"在所偏爱的说话方式上的冲突"（见本书第181页）。只要我们在语言上弄清"实在"这个词的使用标准问题，我们也就澄清了实在论者和工具主义者在理论的真理地位和理论实体的实在性上的争执。

《科学的结构》的其余部分主要是讨论各个特殊的科学领域中说明的结构和特征。这里，论述空间、几何学和物理学之关系的那两章具有一定的独立性，它们可以看作是内格尔在数学上的自然主义观点的发展和应用。几何学由于它所达到的那种高

度的确定性，它的本质和起源便成为知识论的一个中心问题，为笛卡尔、穆勒、康德这样的哲学家所津津乐道。嗣后，由于相对论的产生，几何学与经验科学的关系问题变得尖锐起来。内格尔的分析为理解几何学的本质作出了独特的贡献。在第七章"力学说明和力学科学"中，内格尔对牛顿力学运动公理的逻辑地位也作了细致入微的分析，这个分析表明，是把运动公理看作公理图式还是看作具有一定经验内容的陈述，那完全取决于它们的使用语境。

在对量子理论和因果性的分析中，状态变量的概念被置于一个中心的地位。在内格尔看来，经典意义上的决定论系统和非决定论系统的区分主要在于状态变量之间的关系。通过分析状态描述的本质，内格尔像爱因斯坦、普朗克和德布罗意一样，否认量子力学具有不确定性的推理，而认为量子论在其目前的形式上还是对真实事物的不完备的表达。他还详细地表明，忽视语境的区分和理论语言与特定语境的相关性会怎样为理智的混乱大开方便之门。比如说，当把牛顿理论语境中的"粒子"搬到现代物理学对不确定性原理的讨论之中，便会产生理智混乱。因此，他指出"量子力学的统计内容并未取消其他物理定律的决定论的和非统计的结构"（见本书第 378 页）。因果性原理在亚原子过程中如同在宏观过程中一样有效。可是，如同康德一样，内格尔在这里已把因果性原理解释为指导我们研究的一个调节原理，而不是关于事件和过程之内在秩序的一个普遍有效的归纳真理。由于原因的概念与因果律的思想相联系，如果因果性原理被看作调节原理，那么在科学说明中，关键的就不是因果性的概念而是合法性的概念。经典因果性概念的衰落，其意义大概就在于使我们从"一切事件都有原因"的原理（经典因果性原理）走向"一切事件都是受规律制约的"原理（合法性原理）。当

然,量子力学所引起的众多的哲学问题还值得进一步探究,也许爱因斯坦和玻尔都还不是定论。

在思想史上,以及延续到当今的科学研究中,最激动人心而又众说纷纭的一个问题便是生命的本质:生命是什么?生命现象服从物理科学的规律吗?对这个问题的讨论导致了一系列比较一般的针锋相对的观点,如还原论和整体论,机械论和有机论(或活力论),预成论和进化论等等。生命现象与物理现象之间的关系问题历来是生物学说明的中心问题。从科学说明的角度来看,分析这个问题的关键在于理解专门科学之间的关系、更确切地说是理解两个不同的领域中的陈述(或命题)之间的关系。这就是所谓的"理论之间的还原"问题。还原使我们获得理论的简单性和说明的统一性,因此理论的还原和整合也是科学追求的一个目标。在科学史上,理论之间还原的经典例子是热力学向统计力学的还原。成功的还原实际上是一种逻辑演绎关系,即一门科学的陈述加上合适的对应规则在逻辑上衍推另一门学科的陈述。这样,理论之间的还原便得出一个渐进的科学知识进化图景。这个观点后来受到T·库恩的挑战。但库恩的观点尤其是他的"范式"概念并不是没有争议的,"不可通约性"给意义、指称和理解的问题都带来了困难。因此,作为一个推动科学研究的方法论原理(而不是一个本体论原理),还原主义仍是一个值得推崇的研究策略。

生物学向物理学的还原之所以引起争议,乃是因为生命现象与物理现象似乎是两类截然不同的现象。生机勃勃的生命如何从死气沉沉的无生命物质中发展出来,这令我们感到困惑。二者不仅看来属于不同的范畴,而且在一些生物学家看来,理解生命现象所需要的分析方法也根本上不同于物理科学的分析方法,生物学说明的逻辑不同于物理学说明的逻辑,生物学本来就

是一门自律的科学。生命过程有一种明显的目的性;有机体能够自调节、自维护和自复制,它们的活动似乎是为了获得未来的目标。生命有机体的这种目标制向特征表明适合于生物学的说明是目的论说明,而且,不能把生命有机体的整体性行为分析为它的各个独立部分活动的结果。这两个特征使我们可以把生命有机体表征为具有一定的结构和功能的定向组织系统。这个概念对于勾画目的论系统的抽象结构来说是充分的。可是,内格尔有力地表明,定向组织系统的定义既可以用来表征生命系统也可以用来表征某些非生命系统,因此目标制向系统和非目标制向系统之间的区分并没有一个可以鉴定的客观基础,生命现象不过是物质系统的结构复杂性进化的结果;生命系统本质上具有目的论的要素,但这种目的论特征并不抵制对之进行自然主义的科学分析。因此,从研究策略上来说,不把生物学看作一门自律的学科更恰当。当今生命科学的研究广泛而且富有成效地采用物理科学(如非平衡态热力学)的理论和方法,这进一步表明了内格尔对有机论生物学的分析所得出的结论的现实意义。

同样,内格尔表明,就研究的目的和方法而论,社会科学也不像人们通常所想的那样与自然科学有一个无法逾越的鸿沟。如同自然科学一样,"理论社会科学的首要目的是建立普遍规律,且这种规律能够充当系统说明和可靠预言的工具"(见本书第539页)。社会科学如果要实现这一目的,它就必须像自然科学那样采取受控研究的形式。建立普遍的社会规律的一个重大障碍据说便是所谓的"文化相对性",即认为社会现象是由历史支配的、是随着不同的文化而变的,因此不可能建立起关于社会现象的"跨文化"规律。内格尔指出,那些据说对跨文化的社会规律的确立构成障碍的因素在自然科学领域中同样存在,因此

它们不能成为不可能建立起普遍的社会规律的理由。可是,还有一种观点认为,由于社会现象本质上是由人参与的社会活动,必然抹上主观性的色彩,这样社会研究也就打上了个人价值取向的烙印,要建立起“客观的”、普适性的社会规律是不可能的。在回答这一异议时,内格尔强调要在事实和价值、表征性价值判断和评价性价值判断之间进行区分,不要把我们对社会现象的客观描述与我们的社会理想混淆起来。内格尔在价值的本质和起源上也采取一种自然主义的观点。价值是一个社会群体的规范性特征,那种基于个人价值偏见的行动一般不会剧烈地改变整个社会行为模式。当然,由于社会现象是由有目的的个人之间的相互作用构成的,社会规律一般来说是统计的,而且对社会现象的说明也含有一种理解的、解释的性质。

历史学中的说明显得与众不同:与追求一般性的自然科学和社会科学相比,历史学的目的在于理解过去发生的唯一的、不可能重复的事件。这个特点使得历史说明本质上是发生的——它通过描述一个事件的演变历程来说明这个事件的发生。历史说明的中心问题是,首先,有没有历史规律,尤其是(比如说)斯宾格勒和汤因比所描述的那种主宰文明兴衰和人类命运的历史规律;其次,历史规律是不是(以及如果是的话,那么在什么意义上)是决定论的。其中的一个重要问题是,如果历史规律是决定论的,那么我们如何解决人的自由意志和历史命运之间的冲突。因果律、自由意志和决定论历来是与人(人类个体和群体)的存在状况密切相关的一个重大问题。内格尔针对艾塞亚·伯林对历史决定论的分析表明,作为研究的一个调节原理,决定论与自由意志并不矛盾。这样他对相容论提出了一种理解。

总之,内格尔试图把他的自然主义思想和语境论的分析方法贯穿到他对科学说明的逻辑的理解和分析中,并试图对各个

观点给出一个公正的评价和整合。他这样做是否取得了成功，只能留给读者去评判。但作为论述科学说明的一本名著，这本书无疑是值得一阅的。正如亨普尔指出的："欧内斯特·内格尔的《科学的结构》已经为自己赢得了这个领域中的一部杰出的标准著作的地位。它对自然科学、社会科学和编史学提供了一份格外透彻和广泛的方法论探索和哲学探索，尤其强调在各个领域中碰到的各种说明模式。内格尔的讨论以其风格的清晰、推理的深刻和植根于主要的科学研究领域的那种坚实性而著称。在哲学文献和方法论文献中，《科学的结构》已成为一部被广泛引用的具有高度影响的著作。近来在科学哲学的分析探讨和历史—社会学探讨之间的争论还没有削弱它的意义；事实上，在我看来，内格尔思想中的实用主义因素对于发展这两个竞争学派之间的亲密友好关系也许大有好处。"综观全书，亨普尔的评价无疑是中肯的。

本书从 1987 年开始译起，由于种种原因翻译曾一度中断。我要感谢上海译文出版社的编辑，没有他们的鼎力相助和热情支持，本书不可能得到出版。孙永平、吴国盛、靳年营诸位先生也时常给予译者以激励和支持，谨在此一并致谢。译书是一件苦差事，没有杨蓉小姐不时的帮助和鞭策，本书也难以问世，因此理当对她深表感谢。最后，我想把这个译本献给我的父母，感谢他们对我的养育和教诲。由于时间仓促，加之译者外语水平和专业水平的限制，译文中错误一定不少，恳请读者批评指正。

徐向东
1992 年 11 月于北京东郊

前　言

作为一种建制化的研究艺术，科学已经结出累累硕果。它在当代最广为人知的结果，无疑是技术以加速度改变了人类经济生活的传统方式。科学也产生了许多目前没有受到公众关注的其他东西，其中一些已经且继续被褒扬为科学事业的珍品。这当中最为重要的是：获得了那种关于各种事件和过程产生的根本条件的普遍性的理论知识；把人的心灵从往往滋生着野蛮习俗和严重恐惧的古代迷信中解放出来；削弱了道德教条和宗教教条的理性基础，结果揭露了非理性习惯的硬壳为社会非正义的延续提供的伪装；更一般地说，科学逐渐形成和发展了向传统信念进行质询和挑战的知识氛围，与此相伴随，在以前往往不接受系统的批判反思的领域中，科学采纳了根据可靠的观察资料，以及对关于事实问题或方针问题的可能假定进行评价的逻辑方法。

这个部分的列举尽管极其简洁，但它足以表明科学事业对于表达和实现那个与自由文明的理想普遍联系的抱负，已作出了多么大的贡献。单就这一理由而论，就毫不奇怪科学作为理解和掌握自然的一种方式，何以应成为一个值得注意的永不衰竭的学科。无论如何，对科学研究的本质及它对于人类生活的意义的反思的记载，可以追溯到古希腊理论科学的肇始；在西方哲学史上，几乎没有不对其时代的科学提出的问题进行认真思索的著名哲学家。

因此，虽然作为一个专门的研究部门的名称，"科学哲学"这个术语的使用是相对较晚的事，但对这个名称指示的研究，则与在"逻辑学"、"知识论"、"形而上学"、"伦理学和社会哲学"这些名目繁杂的传统哲学分支下已被探求了好几个世纪的研究相连续。此外，尽管这个术语在书中的标题、课程指导和学术圈中的广泛流行产生了这样一个印象，即它好像是处理一组密切联系的问题的一个得到清晰界定的学科，但实际上由于科学哲学在当前才被扶植起来，它还不是一个得到合适规定的分析领域。相反在这个领域的有贡献的人们经常表现出极其悬殊的目的和方法；那些公认为属于这个领域的讨论，其实遍布于引起传统哲学关注的绝大多数性质相异的问题之中。

本书虽然是科学哲学的一本论著，但它所处理的是一组具有更强的统一性的问题，它的论域受到分析科学研究的逻辑及其智慧产物的逻辑结构这一目标的制约。它基本上是对科学知识和逻辑方法——它的运用是现代科学最持久的特点（虽然在专门技术和实质性理论的变革中，逻辑方法的使用经常发生变化）——的组织中显示的逻辑模式的考察。本书因此忽略许多在我看来与其目标无关、但在标准的科学哲学著作和教程中往往得到适度讨论的问题，比如感知觉的认识论问题，或者为了理解专门化的科学发现的总体性而提出的宇宙统一性问题。对于那些看似只与实际的科学实践不太相关的问题，如果它们的讨论有助于澄清我们对科学方法及其成果的理解，那么我便毫不犹豫地对它们加以考虑，比如说能否把科学理论翻译成为关于感觉观察资料的陈述的问题，或者相信普遍决定论会对道德责任感的归咎产生什么影响的问题。

本书中讨论问题的次序，部分地反映了我对得到有充分根据的综合性说明的强调，获得这种说明毕竟是科学的一个与众

不同的主要理想。但不论这种强调如何,为了便于分析和阐述,科学逻辑的研究可以分成三个主要部分。第一个分支致力于那些主要处理科学说明之本质的问题,如说明的逻辑结构,它们的相互关系,它们在研究中的功能,以及知识系统化的手段。第二个分支集中于那些涉及科学概念的逻辑结构的问题:经由各种各样的定义技术和测量技术对科学概念的表达,它们与观察资料的联系,以及它们在科学上有意义的条件。第三个分支针对那些对各门科学中的知识主张进行评价的问题,如与或然性推理的结构、在评价证据时采取的原则,以及归纳推理的辩护有关的问题。这三组部分有所重叠的问题,便构成了对科学逻辑进行系统的统一研究的范围;不过,在探讨每组问题时,都可以附带提及那些属于其他两组的问题。因此,虽然本书主要致力于研究上述三个分支中的第一个分支,属于其他两个分支的问题有待于在正积极准备的另一本书中再作详细讨论,但本书是完全自洽的;那些在其他分支中占据中心地位、而在本书中又需要立即注意的问题,至少在本书中得到了简要的关注。

我试图使本书的读者面广一些,而不使之仅局限于专业哲学家;我始终遵循这一思想:即使本书讨论的问题在其他人看来也许兴趣不大,但本书作为一个整体处理的问题,则远远超出狭窄的职业关注的范围。因此我避免引入高度形式化的分析,或者避免使用现代形式逻辑的专门的符号记法,不管一个精确的符号系统对于某些技术问题的解决可能有多大的价值。但完全不提在专门的科学部门中采用的困难的技术概念也与本书的中心目的相悖;另一方面,本书试图解释那些许多读者不甚了解的概念。我也力图揭示各个具体的研究领域(无论是在社会科学、生物科学,还是在物理学)中的科学方法的特征。我已对此尽力而为,即使由此忽略了我原拟定讨论的其他几个专门领域,这样

做部分是为了向各方面的读者表明:尽管存在着重大差异,但在科学智慧的运用中,仍然有一个基本的逻辑连续性;部分是为了给读者提供一个广阔的基础,以使他们能以一种明智的精神评判那种(往往是以某种"高级智慧"的名义)反对科学理性的当代批评思潮。

本书有几章包括了以前出版过的材料,但已作了相当大的修改。我想向下列文章的出版者表示谢意,蒙他们惠允使用这些文章:"现代物理学理论的因果特征",载于《自由与理性》(S·巴龙,E·内格尔和K·S·潘松编),自由出版社,1951年;"还原在自然科学中的含义",载《科学与文明》(R·C·斯托弗编),威斯康星大学出版社,1949年,得到该校董事会的允许;"目的论说明和目的论系统",载《远见与行动》(S·拉特纳编),拉特吉斯大学出版社,1953年;"科学,智慧与无知",《周末文学评论》,1945年;"整体,总和与有机统一",《哲学研究》,1952年;"机械论说明和有机论生物学"和"历史决定论",《哲学与现象学研究》,1951年和1960年,得到美国科学促进会的允许。

作者有权为他写书时受到的惠助表示谢忱,虽然我不可能完全列举那些我乐意向其表示谢意的人们。我在科学哲学上的兴趣是由先师莫里斯·R·科恩激起的,对于他给予我的思想的指导,他的教诲给予我的激励,我表示由衷的感激。鲁道夫·卡尔纳普和菲利普·弗兰克都没有正式成为我的老师,但自从1934年以来,我与他们在科学逻辑上的大量交谈使我受益匪浅;多年来我与F·拉扎斯菲尔德在经验社会研究的方法论问题上的富有启示的交谈,同样使我得到了无与伦比的教诲。我也得到了其他朋友的大量支持和鼓励,他们是:亚伯拉罕·埃德尔,阿尔伯特·霍夫斯塔特和悉尼·胡克,我们都还年轻的时候,我与他们每位已有了重要的哲学交谈,他们对本书各个阶段的手稿

的批评使我受益；与约翰·C·库利、保尔·爱德华兹、赫伯特·费格尔、查尔斯·弗兰克尔、约翰·格雷格、卡尔·G·亨普尔、悉尼·摩根贝索、迈耶·夏皮罗和帕特里克·萨普斯的许多讨论，对澄清我的思想颇有帮助。我对上述朋友深表谢意。我也感谢我的妻子，并把此书献给她，因为她不厌其烦地充当了本书绝大部分内容的可理解性的试金石。对于约翰·西蒙·古根海姆纪念基金会、洛克菲勒基金会、行为科学高级研究中心，我也深表感激，它们的赞助使本书的研究和写作成为可能。

E·内格尔

1960年8月于佛蒙特州南沃兹伯洛

目 录

第一章　导论:科学和常识

远在现代文明开始以前,人们就已获得关于其环境的大量信息。他们学会识别那营养他们身体的物质。他们发现了火的用途,培养了把原材料转变成住房、衣物和用具的技能。他们发明了耕种土地、进行交流和自我管理的技艺。其中一些人还发现:把物体放在有轮的手推车上更容易搬运;采用标准测量方案可以更可靠地比较土地的大小;一年四季以及许多天文现象呈一定规律地相继更替。约翰·洛克对亚里士多德的嘲弄——上帝并非如此吝啬,让人只长了两条腿,而把赋予人以理性的任务留给了亚里士多德——似乎也显然适用于现代科学。关于世界的许多方面的可靠知识,并非只是等到近代科学的出现和对其方法的自觉运用之后才获得的。实际上,在这点上,每一代中的许多人都在其生活中重复着种族的历史:他们设法寻求技能和足够的信息,而既没有受益于科学训练,也没有特意采纳科学的方式和方法。

如果仅仅通过天赋才能的精明运用和"常识"方法,在知识方面就获得了如此丰富的成就,那么科学还有什么独特的优越性呢?而那些精致的知识工具和物理工具又为知识的获得作出了什么贡献呢?倘想把"科学"这个词与一个明确的意义联系起来,就需要对该问题进行详细的回答。

可以肯定,并不是因为能够有所区别才采纳科学这个词及其种种语言学变体,往往采用它们不过是要把一个荣誉称号授

予这个那个东西。许多人以其信仰是“科学的”信仰，以其生活在一个“科学的时代”而自豪。可是，经常可以发现他们自豪的唯一理由是出自于这一信念：与其祖先或邻居不同，他们拥有那种所谓的终极真理。正是本着这一精神，人们才把在物理学和生物学中当前得到接受的理论有时描述为科学的，而对同属于这些领域，以前被持有但现在已不再得到信任的理论，他们则拒绝给予这种称呼。类似地，在现行的物理和社会条件下高度成功的实践，如某些农业技术或工业技术，有时则与在另一时间和地点的所谓“不科学的”实践形成对比。盗用“科学的”这个词的实质内容的极端表现，便是广告商有时狂热地使用诸如“科学理发器”、“科学的地毯清洗剂”乃至“科学算命术”此类的词语。但明显的是，与“科学”这个词有关的一个容易识别的突出特征并不见诸于如上例子中。采纳蕴含在第一个例子中的建议，把“科学的”这个形容词限制到那些不折不扣地为真的信念，这一定是鲁莽的——其理由只是因为绝大多数（若不是一切的话）研究领域都缺乏对真理的绝对可靠的保证，因而采纳这个建议实际上就会剥夺该形容词的任何合适用法。

不过，“科学”和“科学的”这两个词并不像它们经常受到贬值的用法那样如此空洞无物。因为它们要么是对一个可以辨别的正在继续的研究事业的称呼，要么是对其知识产物的称呼，它们经常用以表示把那些产物与其他东西区别开来的特征。在本章中，我们将简要地考查“前科学”知识或“常识知识”不同于现代科学的知识产物的一些方式。确实没有严格的分界线把那些划归在“常识”这个令人熟悉但模糊的标题之下的信念与那些被视为“科学的”认识主张分离开来。不过，与在其他词——众所周知，这些词的预定的应用领域的界限是含混不清的（如“民主”这个词）——的情形中一样，缺乏精确的分界线并非与这些词至

少存在着一个坚固的核心意义水火不相容。在其更审慎的用法中，这些词无论如何的确蕴含着一些可以识别的重大差异。我们必须努力辨明的正是这些差异，即使为了阐述的强调与明了，我们才不得已突出其中一些。

1. 许多现存的专门学科是从对日常生活的实际关注中发展出来的，对此没有严重异议：几何学发源于土地测量和勘定；力学产生于建筑和军事技术中提出的问题；生物学起因于人的健康和家畜饲养问题；化学肇始于冶金和印染工业提出的问题；经济学发端于家政和政治管理问题，等等。科学的发展的确还有不是由实际技艺提供的其他刺激因素；不过实际技艺已在并继续在科学研究的历史中起着重要作用。不管怎样，对常识信念和科学结论的历史连续性印象深刻的人们，在评判科学的本质时，已提出如下准则来区分科学与常识，即：科学不过是“整理过的”或“条理化的”常识。

科学无疑是组织化的知识体系，分门别类地划分和组织材料（如在生物学中，把生物分类为种）是一切科学的一项必不可少的任务。不过，人们明白这个准则没能充分地表达科学和常识的特有差异。一位演讲者为了生动有效地传达他在非洲的旅行见闻，他会很好地组织他的笔记，但这并没有使他的见闻成为历史上所说的科学。图书馆的目录卡片代表一种极有价值的图书分类，但凡是对“科学”这个词的历史联系有所感触的人，都不会说目录是一门科学。明显的困难是：上述准则没有指定什么类型的组织或分类是科学的特征。

因此让我们转到这个问题上来。在日常经验中获得的大量信息有一个显著特点：虽然这种信息在一定的限制内足够精确，但它很难含有那种对事实为什么是它们被断言的那样的说明。

因而发现轮子用途的社会往往对摩擦力一无所知，对于放在有轮子的交通工具上的货物何以比直接放在地面上的货物更易搬运，也一无所知。许多人已了解到对农田进行施肥的可取性，但只有少数几个人关心这样做的道理。认识到毛地黄这类草本植物的药用性已达几个世纪之久，但通常却说不出它的有益功效的根据是什么。不仅如此，当"常识"确实想为其事实提供说明时——如毛地黄作为一种心脏兴奋剂的价值是按照它的花形像人的心脏来说明的——经常是不加批判地检验它与事实的相关性就接受了这种说明。常识经常适宜于听取曼斯菲尔德勋爵对一位不谙法律的新任殖民地总督的一段著名忠告："在判决一起案件的时候并不存在什么困难，只要你耐心地听取双方的意见，然后考虑怎样做才算正义，接着据此作出判决；但绝不要说出你的理由，因为你的判决可能是正确的，但你的理由一定是错误的。"

正是对系统的、可由事实证据支配的说明的渴求产生了科学；正是根据说明性原则对知识进行组织和分类这才成为科学的与众不同的目标。更具体地说，科学试图发现并以一般的术语系统表述各种各样的事件发生的条件，而对这些起决定作用的条件的阐述就是对相应事件的说明。只有通过区分或隔离研究题材的某些性质，只有通过确定这些性质相互间所处的那种可以重复的依赖模式，才能实现这个目标。这样当这种研究成功时，迄今看来毫不相干的命题，便由于它们在说明体系中的位置而以一种确定的方式相互联系起来。实际上，在某些情形中，这种研究可以推进到相当广的程度。可以发现渗透于各种事实范围中的关系模式，这样借助于少量说明性原理，就能表明关于这些事实的无穷多的命题构成了一个逻辑上统一的知识体系。这种统一有时取演绎系统的形式，如证明性的几何学或力学。

这样,少数几个原理(如由牛顿系统阐述的那些原理)就足以表明关于月球运动、潮汐运动、抛射体的路径,以及连通器中液体的升降的命题之间的密切联系;所有这些命题都可以从那些原理与各种特殊的事实假定的结合中严格地推导出来。以这种方式,便可以为那些从逻辑上导出的命题所叙述的多种多样的现象,获得一个系统说明。

并非一切现存科学都呈现出力学所显示的这种高度统一的系统说明形式,虽然对于许多科学来说,不管是在自然科学的各个分支中,还是在社会研究领域中,这种严格的逻辑系统化思想作为一个理想继续起着作用。但甚至在并不普遍追求这一理想,而是分门别类地进行研究的那些学科中,比如在大量历史研究中,通常也存在着为事实寻找说明的目标。人们试图知道为什么 13 个美洲殖民地反叛英国而唯独加拿大没有,为什么古希腊能击败波斯人但却屈服于罗马军队,或者,为什么中欧的城市和商业活动恰好是在 10 世纪而不是在此之前发展起来。说明以及确立表面上无关的命题之间的相依性关系,系统地揭示看似错综复杂的各项资料之间的关系,这就是科学研究的独特标志。

2. 常识和科学知识之间的其他一些差异基本上是科学知识的系统性的直接结果。就常识来说,一个已被充分认识到的特点是:虽然它所断言的知识可能是精确的,但它很难意识到在什么极限内其信念才有效,其实践才会成功。根据施肥能维护土壤肥力的原则,一个公社中的人们在许多情形下仍可以继续采用这种耕作方式。但他们可能是在盲目地遵循这个规则,如果土壤发生了明显的退化,那么在面临食物供给的关键问题上便会手足无措。另一方面,如果对施肥使土壤有肥力的原因有所了解,从而把这一规则与生物学和土壤化学联系起来,那么由

于肥料的效用被认为依赖于常识通常所没有认识到的种种条件的持续存在，这样就认识到了这条规则的有效性限制。而一旦人们认识到了这些条件，就很少有人会去欣赏农民的那种顽固的独立性了，这些农民没有受过多少正规教育，他们只是靠几乎无数的技能，靠从影响其直接环境的东西中得到的可靠信息把自己武装起来。但农民的那种传统的智慧极其有限，一旦其日常生活的连续性被打断，他们便茫然失措。因为他们的技能往往只是习惯和传统的产物，他们并没有真正地理解其成功的理由。更一般地说，常识知识最适合于某些因素实际保持不变的情形。但往往由于认识不到这种合适性乃是取决于诸因素的恒定——其实可能是没有认识到恰当因素的真正存在——常识就这样由于严重的不完备性而受到损害。系统性的科学的目的正是要消除这种不完备性，即使这个目的经常只是部分得到实现。

通过那个揭示有关常识知识题材的命题的系统联系的过程，科学把去粗存精、去伪存真的思想引入常识之中。按照那些阐述广泛的事实领域中各项之间的关系的原理，不仅可以表明熟悉的惯例可以得到阐明，而且那些原理也为改正习惯的行为方式提供了线索，因而使之在熟悉的环境中更有效、更适应新环境。但这并不是说日常信念必定是错的，或者与科学命题相比，它们本来更应该经受经验压力之下的种种变化。实际上，常识信念的持久性及其得到保证的稳定性，比如橡树子并非一夜之间就长成橡树，水在充分冷却的条件下凝固，与许多科学理论的相对短暂的生命历程相比，会更被人们所偏爱。应该注意到的本质之处是：由于常识没有太大的兴趣系统地说明它所注意到的事实，因而它的信念的有效应用范围虽然实际上是被狭窄地界定的，并且没有得到常识的认真关注。

3．无论是平民百姓还是达官贵人，都如此心安理得地持有

互相矛盾甚至互不相容的观点，这经常是被冷嘲热讽的话题。因此，人们有时为大幅度地提高工资极力辩论，同时也要求稳定货币；他们力主外国偿还债务，同时也采取措施阻止外来货物的进口；对于他们所消耗的食物的效用，对于他们看到的物体的大小，对于液体的温度，对于不可抑制的噪音，他们都会作出不一致的判断。这些互相冲突的判断往往是对观察到的事件的直接后果和性质抱有几乎是完全的先入之见的结果。伴随着常识流逝的大量东西，一定关系到熟知的事物对人们碰巧要评价的材料的影响；事件之间的相互联系，由于不依赖于人们偶然的特殊关注，因而没有得到系统的注意和探究。

在判断之间出现冲突，这是科学发展的刺激因素之一。通过引入对事实的系统说明，通过确定事件的前因后果，通过揭示命题之间的逻辑联系，科学就是扎根在这些冲突的根源之上。实际上，许多具有非凡能力的伟大心灵已追溯出各门科学的基本原理的逻辑推理；为数众多的研究者已用作为那些批判性的观察和实验结果而得到的其他命题对这些推理进行了多次检验。即使如此小心翼翼，也没有什么颠扑不破的东西保证在这些学科中已排除了严重的不一致性。相反，互不相容的假定有时充当同一科学的不同分支的研究基础。比如在物理学的某些部分，原子一度被认为是具完全弹性的物体，然而在物理科学的其他分支中，并没有赋予原子以完全的弹性。但这种不相容性有时只是表面上的，造成不相容性印象的原因，是没有注意到正在使用不同的假定来解决类型极不相同的问题。此外，甚至当这种不相容性货真价实时，它们也往往只是暂时的，由于采纳不相容的假定，不过是因为还没有得到一个逻辑上连贯的理论，使之可以运用于原先需要引人那些假定才能做的复杂工作。不管怎样，在那些追求统一的说明体系方面已取得重大进展的科学

中，显然不会产生这种如此经常地作为常识信念之标志的明目张胆的不一致性。

4．如已指出的那样，与现代自然科学的各门分支中提出的结论的相对短暂的生命相比，许多日常信念已存在数个世纪。这种情形的一个局部缘由值得注意。考虑常识信念的一些实例，如水在天气足够冷时凝固；让我们问一下在那个断言中，“水”和“充分地”这两个词的含义是什么。“水”这个词当被那些不了解现代科学的人使用时，一般来说没有明确的意义，这是一个众所周知的事实。它往往被用作多种多样的液体的名称，即使这些液体有重要的物理、化学差异，但有时又拒绝把它作为其他液体的名称，尽管这一类液体在其本质的物化特征上的差别要比前一类液体的物化特征的差别小。这样，这个词可能会用来指天空中作为雨掉下来的液体，地面上冒出的泉水，河里和路边沟渠中的水，以及构成海洋的液体；但却很少用它来指从水果中挤出来的液体，以及含在汤和其他饮料中的液体，或者从人的皮肤的毛细孔中渗出的液体。同样，当把“充分地”这个词用于表示一个冷却过程的特征时，有时它所指出的差别可以如在炎炎夏日的最高温度和数九寒冬的最低温度间的差别那样大；但在其他时候，这个词所指的差别，可能不会大于冬日的一天正午和黄昏的温差。总而言之，“充分地”这个词在其用于表征温度的常规用法中，并不与温度变化的精确性相联系。

如果可以把这个例子看作典型例子，则表述和传播常识知识的语言便会显示出两种重要的不确定性。首先，日常言语的词汇相当含糊，这么说是在这一意义上，即一个词语指示的事物类没有与不被该词语指示的事物类鲜明准确地区分开来（事实上二者在很大程度上重叠）。因此采用这种词语的陈述的那种推测的有效性范围便没有确定的界限。其次，在如下意义上，日

常言语的词语可能缺乏恰当程度的专门性，即这种词语指示的宽泛区分不足以表征在它们所指示的事物之间作更精细区分所表现出的重要差异。因此，无法通过包含这些词语的陈述，以一种精确地决定的方式系统表述现象之间的依赖关系。

作为日常言语的这些特点的结果，常识信念的实验控制往往是困难的，因为不容易引出这些信念的确认证据和矛盾证据之间的区分。这样，"一般地说"水在足够冷时凝固这一信念可能适合这些人的需要——他们对凝固现象的兴趣是受他们对获得其日常生活的习惯目标的关注约束的——尽管为整理这个信念而采用的语言模糊且缺乏专门性。因此这些人看不到改变其信念的理由，即使他们注意到了海洋中的水在井水开始冻结时并不冻结，尽管二者温度明显一样，或者在转变成为固态以前，一些液体必须比另一些液体要冷却到更大的程度。面对这样一些事实，如果这些人要被迫为自己的信念辩解，则他们可能独断地把海洋排除在他们命名为水的事物中；或二者择一，他们可能依据那个被划分为水的液体在冷却时的确凝固这一理由，表现出对他们信念的重新自信，而不考虑可能需要的冷却程度。

另一方面，在对系统说明的探求中，科学必须通过重新塑造日常语言，以减缓它显示出的不确定性。比如，物理化学并不满足于"水在充分冷却时凝固"这样一个不严格表达的概括，因为这门学科的目的就是要说明，其中何以饮料和牛奶在一定温度下凝固，但在同样温度下海洋并未凝固。为了获得这一目的，物理、化学必须在各种水之间、各种冷却度之间作清晰的区分。可以有几种措施降低语言表达式的模糊性，并提高其专门性。对于许多目的来说，计算和测量是这些技术中最有效的，也可能是最为人所知的。诗人们会讴歌那点缀于湛蓝天际中的无限星群，但天文学家却试图列举它们的数目。铁匠可能只满足于知

道铁比铅硬，但试图说明该事实的物理学家却需要对硬度的级别进行精细测量。引入精密度的一个明显而重要的结果，便是那些陈述能够经受经验的更彻底的批判性检验。前科学信念之所以往往不能付诸一定的经验检验，只是因为那些信念可能会模棱两可地与一类不确定的未经分析的事实相符合。由于要求科学陈述与严格指定的观察资料相一致，科学陈述便面临着被这种资料否决的更大危险。

日常知识与科学知识之间的差异，大体上与为了操纵火器而建立起来的各个出色标准之间的差异相类似。如果特等射手的标准是有能力在100英尺远处击中靶沿，则绝大多数人都有资格作为特等射手。但只有极少数人符合这一更严格的要求，即在两倍于那个距离(即200英尺)的地方总是击中一个3英寸见方的靶心。同样，在秋天的几个月里会发生日食的预言，总是比在秋天的某一天的某个时刻发生日食的预言更容易实现。如果在100天内的任何一天发生日食，则第一个预言就被证实了；但如果在那个既定时刻的一个很小的几分钟内，并未发生日食，则第二个预言就被否决了。后一个预言可能为假，即使前一个预言为真，但不是相反；与第一个预言相比，后一个预言就必须满足更严格的经验控制标准。

科学语言的较大的确定性有助于阐明何以如此之多的常识信念具有稳定性，经常延续数个世纪之久，而几乎没有几个科学理论具有这种稳定性。就在实验资料和从理论推出的预言之间必须达到的符合标准而论，当这种标准较高时，与这种标准较松散，而且可允许的实验证据不要求是由严格的受控程序确立起来的情形相比，要设计出一个在多次面临经过精心实验而得到的实验观察结果时仍稳如泰山的理论，那就要困难多了。比较高级的科学其实都指定了一个理论的预言可以偏离实验结果，

但又不致使该理论失效的那样一种几乎不变的程度。这种可允许的偏差的极限往往是很狭小的，以致于那些在常识看来往往是无足举重的理论和实验的偏差，对于该理论的合适性来说却是生死攸关的。

另一方面，虽然科学陈述有较大的精确性，因此与不那么精确表述的常识信念相比，冒着被发现出错的更大危险，但科学陈述比常识信念有无比重要的优越性。科学陈述有更强的能力结合成为那种得到清晰表述的综合性的说明体系。当这种体系得到实验资料的合适证实时，在多种多样类型不同但可以在实验上辨别的事实之间，它们就能整理出那些往往是无可置疑的依赖关系。因此，在这种体系中陈述确认的证据比不属于这种体系的类似证据（如确认那些表示常识信念的陈述的证据）往往能更迅速更大量地积累下来。之所以如此，乃是因为可以通过观察一类广泛的事件而获得属于这种体系的支持陈述的证据，尽管那些陈述没有明确提及这类事件中的许多事件，但从该体系所断言的、在那个类的事件之间拥有的依赖关系来看，这些事件仍是那些陈述的证据的恰当源泉。比如在现代物理学中，光谱学的分析数据用于检验那些关于各种物质的化学结构的假定；固体的热学性质的有关实验用于支持光学理论。简言之，通过提高陈述的确定性，通过把它们归并成为逻辑上统一的说明体系，现代科学加强了它的检验程序的辨别能力，并增加了支持其结论的相关证据的来源。

5. 已经顺便提到，当常识知识主要关心事件对人们特有的价值问题的冲击时，理论科学一般来说并不这样褊狭。对系统说明的探求要求把研究引向事物之间的依赖关系，而不考虑它们对人的价值的影响。举一个极端的例子：占星术是为了决定天体的交合对人的命运的意义，才去关心行星和恒星在天空中

的相对位置的；相比之下，天文学研究天体的相对位置和运动变化而不考虑人的命运。类似地，饲养马等动物的人已经获得大量的技能和知识，而这些技能和知识是与那将实现人的一定目的的良种培育问题相联系的；另一方面，理论生物学家只是偶尔关心这类问题，他们的兴趣在于分析遗传机制，获得遗传发展的规律。

然而，理论知识和常识知识在这种方向上的差异的一个重要结果便是：理论知识故意忽视事物的直接价值，这样科学陈述看来便经常只与日常生活中熟知的事件和性质发生较少的联系。例如，似乎有一个难以逾越的鸿沟把许多人与电磁理论分裂开来，尽管该理论对光学现象、对日落时人们看到的绚丽色彩提供了系统的论述；对理解生物体的组织作出贡献的胶体化学，看似与人所显示的丰富多彩的个性有一个同样不可企及的距离。

必须承认科学陈述使用高度抽象的概念，这些概念与事物在其习惯背景中显示出来的性质的关系一点也不明显。不过，科学陈述与日常生活事务中遇到的东西的关联也不容置否。科学概念的不同寻常的抽象性，它们与日常经验中发现的事物属性的"相去甚远"的特征，是探求综合性的系统说明的必然结果，记住这一点总是有好处的。事物的熟悉的性质和关系，往往是鉴别个别对象和性质的依据——但从事物的发生而论，只有当能够表明它们依赖于其他关系性质和结构性质（这些性质刻画了一类更广泛的对象和过程的特征）时，才能构造这种说明。因此，为了那些具有形形色色性质的事物获得说明的普遍性，在系统表述那些结构性质时，必须不诉诸熟悉经验的那种有个性特征的性质和关系，而是要从中进行抽象。例如，正是为了获得这种普遍性，不是按照直接感受到的冷暖差别，而是按照某些表征

一大类可逆热循环的得到抽象表述的关系来定义物理学中物体的温度。

然而,虽然在表述上的抽象性是科学知识的一个无可置疑的特点,但若假设常识知识并不涉及到使用抽象概念,则是一个明显的错误。相信人必有一死的每个人一定使用了人性和死的抽象概念。仅就抽象性而论,科学的概念并非不同于常识的概念。它们之不同是在对普遍的结构性质的系统表述上,这种结构性质是往往只有在高度专门化的条件下,才能从有限类的事物所显示的熟悉性质中抽象出来的,只有通过复杂的逻辑方法和实验方法,它们才与那种对直接观测开放的东西发生联系,它们之被明确表达,目的正在于为范围广泛的各种现象发展系统的说明。

6. 在现代科学和常识的这些业已指明的对比中,蕴含着从如下这个精心制定的科学方针中推断出的重要差异,即要使科学的认识主张经受那种在严格的受控条件下获得且经过批判性检验的观察资料的重复挑战。但正如我们先前有时提及的那样,这并不意味着常识信念总是错的,或者它们在经验上可证实的事实中没有基础。不过作为已确立起来的原则,那的确意味着常识信念没有经受那种为了决定那些信念的精确性及其有效性范围而对获得的资料所进行的系统审查。那也意味着,在科学中,那些被允准为有法定资格的证据,必须是从为了排除已知的错误根源而制定的实验程序中得到的;进一步说,那还意味着,对于任何作为对所研究的问题的回答而提出的假说来说,可得到的证据是借助于这样的评价准则来评判的,这些准则的权威性本身依赖于它们在种种研究中的表现。因此,在科学中,对说明的探求根本不是对任何貌似合理的"第一原则"的探求,尽管它们或许可以以一种含糊其辞的方式来说明日常经验中的熟

悉"事实"。相反,它是对那些可以真正地加以检验的说明假说的探求,因为要求这些假说具有足够精确的逻辑推理,以便不与可设想的几乎每个事态相容。因此要寻求的说明假说就承受着被拒斥的可能性,这种可能性将取决于判决性实验程序的结果,而对于科学研究来说,为了决定实际事实而设计的判决性实验是必不可少的。

刚才描述的差异可以用如下宣言来表示:与常识信念不同,科学的结论是科学方法的产物。但不要曲解这个简洁的准则。比如,不要把这个准则理解为断言,科学方法的实践在于遵循那种为作出实验发现或为确立的事实材料找到令人满意的说明而规定的规则。在科学中并不存在发现或创新的规则,这类似于艺术中也不存在这样的规则。也不能把这个准则解释为,认为科学方法的实践在于在一切研究中使用某些专门技术(如物理科学中采用的测量技术),而不管研究的题材或问题如何。对这个宣言的这种解释是对其意图的歪曲;在那个解释之下的这个宣言无论如何都极其荒谬。最后,也不应该把这个准则解释为是在声称:科学方法的实践有效地排除了那些否则就会损害科学研究成果的各种形式的个人偏见和错误根源,以及更一般地说,它保证了那些采用科学方法的研究所达到的每个结论的真实性。实际上不能给出任何这样的保证;没有任何预先确定的规则能够充当这样的自动保护措施,即有效地阻止了那些可能不利于一个研究过程的意外先见和其他错误原因。

科学方法的实践是按照久经考验的准则对论证进行坚持不懈的批判,这种准则用于判断那个借以获得证据资料的程序的可靠性,用于评价结论据以立足的那种证据的证明能力。当用那些准则规定的标准来评价一个既定假说时,该假说可能得到规定证据的有力支持。但这个事实并不保证假说的真实性,即

使可以承认证据陈述是真的——与经验科学中通常对观察资料采取的标准相反,除非支持度是一个有效的演绎论证的前提给予它的结论的那种支持度。因此,科学的认识主张和常识主张的差别——这一差别源自于前者是科学方法的产物这一事实——并不意味着两者总是真的。它只是意味着,当往往不对可得到的证据进行批判性评判就接受常识信念时,支持科学结论的证据则遵循这样的评价标准。这样在获得新的资料时,由类似地构造出来的证据所支持的结论的一个重要部分,仍很好地符合额外的事实资料。

必须推迟对这些考虑的进一步的讨论,但在这一点需作一个简短的补注。如果科学结论是那种按照获得和评价证据的方针进行的研究的产物,那么把那些结论作为得到保证的结论而加以信任的理论基础,必须以那个方针的功过为依据。必须承认,那些对证据进行评价的准则——正是它们构成了这一方针的规定性特征——至多只是部分地得到明确整理,它们主要是靠有能力的研究者在处理其研究中表现出的智慧习性而得以发挥作用。尽管如此,在可靠地系统地得到整理的知识的发展道路上,这一方针所获得的成就的历史记录,并没有留下多大的余地使人们对这一方针与其他抉择相比而具有的优越性产生严重怀疑。

我们已简要地考察了那些以一种普遍的方式识别现代科学的认识主张及其逻辑方法的特点,这一考察提出了多种多样以供详细研究的问题。科学结论是在人类生活中起着日益重大的作用的一个制度化的研究体系的成果。因此,那种社会建制的组织、它发展的环境和阶段、它的影响,以及它发展壮大的后果,已反复地得到社会学家、经济学家、历史学家,以及研究价值问题的学者的探究。然而,如果要恰当地理解科学事业的本质,理

解它在当代社会中的地位,则也需要对科学陈述的类型和表达方式,对科学结论据以确立的逻辑进行仔细的研究。这是科学哲学应着手履行的一项任务——如果说不是它的全部任务,则也是它的主要任务。进行这一分析的三个广阔领域事实上已由刚才推断的考察揭示出:科学中的说明所展示的逻辑模式;科学概念的构造;以及科学结论的合法化。以下各章主要(虽然不是完全地)处理那些有关科学说明之结构的问题。

第二章 科学说明的模式

前一章已表明，科学事业的与众不同的目的是提供可靠地得到支持的系统说明。无论是对于单个事件，对于正在重复发生的过程，还是对于恒常规律性和统计规律性，都可以提供相应的科学说明。如果只是因为科学的众多努力在于确定随后可以为之寻求说明的那些新的经验领域中的事实，那么提供说明并非科学亟须全力以赴的唯一任务。实际上明显的是，在任何既定时刻，各门科学在其对发展系统说明的强调上有所不同，在获得的系统说明体系的完备性程度上，它们也各有千秋。但任何公认的科学领域绝不能完全失去对系统说明的探求。理解对科学说明的要求及其结构，因而便是理解科学事业的一个无所不在的特点。通过初步指出在各门科学中遇到的明显不同的说明形式，本章试图为这一理解准备一个基础。

一、科学说明的实例

说明是对"为什么"问题的回答，但为了表明"为什么"这个词并非没有歧义，而且随着情景的变化，不同种类的答案都是对它的恰当答复，就需要略为思索一下。下面简要地列举一些例子，它们都涉及到"为什么"这个词的使用，其中一些例子对借助于这个词提出的问题的可允许的回答，施加了一定的独特的约束。

(1) 为什么从 1 开始的连续奇数之和总是一个数的完全平方(如 $1+3+5+7=4^2$)? 这里有待说明的事实(称之为被说明项)在如下意义上被认为是“必然真理”这个熟知但不明确的称呼的一个候选对象,即对它的否定是自我矛盾的。对该问题的恰当回答是一个论证,这个论证不仅要证明这个普遍真理,而且也要证明被说明项的必然性。如果这个论证的步骤遵循逻辑证明的形式要求,如果它的前提本身在某种意义上是必然的,则这个说明便完成了这一论证。前提大概是算术公设;如果(比如说)可以按照那些与出现在它们的表述中的表达式相关的意义,证明它们为真的话,它们的必然性将得到保证。

(2) 为什么在前一天装满冰水的玻璃杯的外面会出现水珠? 这里有待说明的事实是单个事件的发生。对它的说明大致如下:在装满冰水后,玻璃杯的温度远低于周围空气的温度,而空气中含有水蒸气,一旦空气与足够冷的表面相接触,其中的水蒸气一般来说便会凝结成液体。在这个例子中,如在前一个例子中那样,说明的形式模式看来是演绎模式。其实,如果更完整更详细地把说明前提表述出来,那么这个说明在形式上肯定是演绎的。然而在这种情形中,被说明项不是必然真理,表面上看说明前提也不是必然真理。相反,前提大概是以恰当的观察证据或实验证据为依据的陈述。

(3) 在 19 世纪最后 25 年的欧洲,何以天主教徒自杀的百分率不如新教教徒多? 关于这个问题,一个众所周知的回答是,与新教的社会组织相比,天主教的生活组织制度更容易形成一股“社会内聚力”,而在一个群体的成员之间,若存在着那种有力地结合起来的社会关系,那么这种关系就有助于个人受到重压时给予他以支持。与前例中的单个事件相比,这个案例中的被说明项是一个从统计上加以描述的历史现象,对这一现象提出

的说明因而不是对该时期的个别的自杀现象的解释。虽然该说明的前提未被精确地又未完备地陈述，但如同被说明项一样，显然它们中的一些具有统计内容。由于没有充分地陈述前提，这个说明的逻辑结构究竟怎样就不清楚了。但如果我们能够阐明其中隐含的前提，那么这个说明也显示出一种演绎形式。

(4) 为什么冰浮于水上？在本例中，被说明项不是个别的历史事实，也不是统计的历史事实，而是一个普遍定律，它论断在某些物理性质之间存在的恒常联系。通过把它表明为其他定律的逻辑推理，可以对它提供一个说明。这些定律包括：冰的密度小于水的密度；阿基米德定律，它断言浸没于液体中的物体受到的浮力，等于该物体所排开的液体的重量；进一步的定律则涉及到物体受力平衡的条件。与前面两个例子相比，本例中值得注意的是，说明前提都是关于普遍定律的陈述。

(5) 为什么把盐加在水中可以降低水的凝固点？这个例子中的被说明项又是一个定律，在这点上，它与前一个例子没什么两样。对它的说明，一般可以从热力学原理加上有关多相混合物的假定推导出来。这样，仅从说明的形式来看，这个例子并非不同于前一例。不过，这儿提及它乃是出于未来的考虑，因为它的说明前提显示了一些具有很大的方法论兴趣的特点。在这一例子中，包括在说明前提中的热力学原理，与前几个例子中所引用的定律相比，是一些应用范围极为广泛的假定。与那些定律不同，这些热力学假定使用"理论"概念，譬如能量和熵的概念，而这些理论概念看来不与任何公开确定的实验程序相联系，这些程序用于鉴定和测定它们所表达的物理性质。这种类型的假设往往被称为"理论"，它们有时与"实验定律"截然相区分。至于这种区分是否有所价值，如有的话其重要性如何，这些问题必须推迟在后面讨论。目前，这个例子不过是记录了科学中一种

独特的演绎说明。

(6) 通过杂交圆豌豆和起皱豌豆，在经过选种产生的子代中，大约四分之三总是圆的，而四分之一是起皱的，这是什么缘故呢？一般是通过把这个被说明项从孟德尔遗传学的普遍原理，加上某些进一步的关于豌豆的遗传成分的假定推导出来而对它进行说明的。显然，这里有待说明的事实是一个统计规律，而不是属性之间的恒常联系，这一统计规律被表述为在某一种群的元素中一个既定特性的相对频率。只要我们详细阐明该说明的前提，这一点就变得更为明显。由于它们表述了父代豌豆把特殊的遗传因子传递给子代的频率，一些前提具有统计内容。这个例子是那种其说明前提包含理论假定的演绎说明的例子，在这一点上它与前一例子相同。但在被说明项以及它的一些前提是统计规律——它们表达统计规律而不是恒定性——这一点上，该例子与先前的例子都不相同。

(7) 为什么卡修斯谋划杀死恺撒？这里要说明的事实又是一个个别的历史事件。如果我们相信普卢塔赫的看法，可以从卡修斯对暴君持有先天敌意这一点上找到对该事件的说明。可是，如果没有一些更进一步的一般假定，譬如在一定文化背景中处于一定阶层的人们如何表达敌意的假定，那么这个回答肯定是不完备的。但如果这些假定确实可信，则要以严格的普遍性来断言这些假定，又是不可能的。如果假定与已知事实不相一致，那么它至多只是一种统计概括。譬如一个可信的概括会断言，某一类型的社会中某一阶层的人中的大多数(或一定的百分比)在行为上将以一定方式作出表现。这样，由于本例中有待说明的事实是一个个别的历史事件，而决定性的说明假设在形式上是统计的，因此被说明项不是说明前提的演绎推理。相反，在这种情形中，被说明项由于说明前提而成为“或然的”。这是本

例的一个显著特点，它使本例与先前的例子形成鲜明对比。此外，本例和先前的例子之间还存在一个重要的本质差别，即在本例中，说明前提提到了作为一种行动动机的心理倾向(亦即，一种情感状态或态度)。这样，如果提出这个“为什么”问题正是为了要按照心理倾向对其给出一个答案，那么只有当有所保证地假定这种心理倾向事实上确实出现在所涉及到的对象中时，这个问题才有意义。

(8) 为什么英国的亨利八世国王试图和阿拉贡的凯瑟琳解除婚约？通常对这个历史事件的说明，在于把一个故意的目的(而不是像在上例中那样，把一个心理倾向)赋予亨利。这样历史学家往往通过引用如下事实来说明亨利向凯瑟琳解除婚约的试图，这就是，由于凯瑟琳没有给他生儿子，而亨利为了得到一个男性后嗣便想重新结婚。亨利无疑具有许多心理倾向，这些倾向已经可以部分地对他与凯瑟琳解除婚约的行为作出解释。但上述说明没有提及亨利作出这个行为的心理动机，他为了使其婚姻无效而作出的努力，被解释为乃是为了实现一个有意识的目的而故意采取的手段。这样，这个例子与上一个例子的差别，取决于在心理意向或行动动机和(一个个体为了采取一定的手段而)有意持有的目的之间的区分。这种区分通常已被认识到。一个人的行为有时是根据行动动机来说明的，即使当时他对那个行为并未抱有有意识的目的。另一方面，对某一类人的行动的说明，如果不指涉某个为了实现它们而制定的有意识的目标，那么就不能认为这一说明是令人满意的。因此在某些情形中，是否能够理解由“为什么”所引入的问题，这个要求在于在这些情形中，能否维护某些被明确持有的目标。

(9) 为什么人有肺？这个问题事实上是模棱两可的，因为既可认为它提出的是一个有关人种的历史演变的问题，又可以

把它解释为要求说明人种在其现在的演化发展阶段中肺在人体中的功能。正是在后一种意义上，这个问题在这儿是有意提出的。当作这样的理解时，通常由当代心理学提供的回答，注意到了在身体中，氧气对食物的氧化是必不可少的，注意到了肺在把氧从空气中输送到血液并最终输送到各个器官的细胞中所起的作用。因此这个说明描述肺在生物活动的维持中所起的必不可少的作用。这一说明因而显示了一种乍看不同的形式。它没有明确提及那些称为“肺的工作”的各个复杂事件产生的条件，不过它提及了肺作为一个特殊地组织起来的器官是如何对身体中一些其他活动的延续起作用的。

（10）何以当前的英语有如此之多的源于拉丁语的词汇？这儿需要说明的历史事实是一组复杂的语言习惯，它们由世界各地的人们在一个并不那么严格地加以界定的历史时期表现出来。注意到该例中，“为什么”问题与前述的问题都不相同，它绝对要求说明某一体系是如何从它的先前阶段发展为其当前形式的，注意到这点也是重要的。但对于这一体系，我们并不具有一般的“动态发展规律”。而在物理学中，如对于一团不断旋转的气体的发展，却是可以得到这样的动态发展规律的。就这个历史事实而论，一个可接受的说明将不得不提及在一个时期这一体系的连续演变，而不仅仅是提及某一个先前的初始时刻的一组事件就万事大吉。对这一事实的标准说明涉及到日耳曼人对英格兰的入侵，入侵者和被征服者在征服前各自使用的语言，以及在征服后英格兰及其他地方的发展。进一步说，这个说明假设了一些多少有点模糊的总结性概括（它们不总是得到明确阐述，但其中一些无疑具有统计内容），它们涉及到在不同语言的交流中，当这种交流进入一种相互陈述的关系时，言语习惯被改变的方式。总而言之，这个例子所要求的说明是一个发生学说

明，它的结构比以前阐述的说明的结构无疑都要复杂。其复杂性并不在于被说明项恰好是一种人类活动。对如下事实的发生学说明也显示了可与之比拟的复杂性，这就是，海洋的含盐量现在大约是百分之三。

二、四种说明型式

以上列举并没有穷尽种种类型的对“为什么”问题的回答，我们有时把这种回答称为说明。但我们已表明，甚至对一类有限的由“为什么”所引入的问题的回答，都不完全具有同样型式，了解到这一点已足矣。实际上，以上列举清楚表明，在回答“为什么”问题上，各门科学中提供的说明，在说明假定与其被说明项相联系的方式上，可能都有所不同，因此可以把说明划分为不同的逻辑型式。

正是从这一启示入手，我们将描述不同类型的说明的特征，而以上列举的例子都可以划分在这些说明之下。但我们现在不卷入这一问题：说明的那些看似不同的逻辑模式，是否其实只是某个共同模式的没有得到完善表述的变种或极限情形？目前我们只需鉴定四种主要的、显然不同的说明型式。

(1) 演绎模型　自然科学中通常遇到的（虽然并不完全局限于自然科学）一种说明型式具有演绎论证的形式结构，在这种论证形式中，被说明项是说明前提的逻辑上必然的推理。因此，在这种型式的说明中，前提为被说明项的真陈述的一个充分条件（有时，但不总是，也是一个充要条件）。自从古代以来，这种型式就得到了广泛研究。它已被公认为任何“真正”说明的典范，且往往被推选为一切说明应竭力追求的理想形式。

以上列举的前n个例子乍看起来就是这种型式的实例，不过在这些例子中还有着值得回味的重大差异。在第一个例子中，被说明项和前提都是必然真理。然而，虽然这点尚需进一步讨论，但几乎没有几个实验科学家现在相信他们的被说明项能被证明是内在必然的。其实，正是因为可以不犯逻辑谬误地否认经验科学研究的命题(不论是单称命题还是全称命题)，这些命题才需要得到观察证据的支持。因此，对有关命题之必然性的主张的辩护，以及对命题何以是必然的说明，便成为诸如逻辑和数学这样的形式学科的任务，而不是经验研究的任务了。

在第二个和第三个例子中，被说明项都是一个历史事实。但在第二个例子中，该事实是一个个别事件，而在第三个例子中，它则是一个统计现象。在这两例中，前提至少包含着一个在形式上是普遍的"类定律"假定，以及至少包含着一个单称陈述(不管是个别陈述还是统计陈述)。另一方面，统计现象的说明以在前提中出现一个统计概括为特征。

在第四、第五和第六个例子中，被说明项是一个定律——在第四和第五两个情形中，它是断言某些性质之间的恒常联系的一个严格全称陈述，而在第六个情形中它是一个统计规律。但在第四例中，该定律是通过把它从一些假定中演绎出来而得到说明的，在业已指明的意义上，这些假定中的每一个都是"实验定律"。另一方面，在第五、六两例中，说明前提包括所谓的"理论陈述"；在第六例中，由于被说明项是一个统计规律，因面说明理论本身便包含着具有统计形式的假定。

我们只是纲要性地描绘那些遵从演绎模型的说明之间的差异。以后再给予它们以更充分的论述。此外，演绎说明必须满足的纯粹形式要求，并不全是一般指望着令人满意的演绎说明必须满足的一切要求；还需要讨论一些进一步的条件。尤其是，

虽然已对一般定律在演绎说明中的重要作用予以必要注意，但广为争论的问题是，是否可以把定律简单地刻化为被假设是真的普遍陈述？或者，为了充当一个令人满意的说明的前提，一个普遍陈述是否必须另有一种形式独特的关系结构？进一步，在科学中，高度统一的综合性说明体系是通过使用所谓的"理论假定"获得的，当对这一事实进行说明时，就有必要更加仔细地探讨究竟是什么特征把理论和其他定律区分开来，究竟是理论的什么特点解释了它们以一种系统的方式说明各种各样事实的能力，究竟应赋予理论什么样的认识地位。

(2) **或然性说明** 实际科学领域中的许多说明乍看不具有演绎形式，由于其说明前提形式上并不蕴含其被说明项。不过，虽然前提在逻辑上不足以保证被说明项的真，但通常说它们使后者"或然"。

当说明前提包含关于某类因素的一个统计假定，而被说明项是关于那个类的一个特定的个体成员的单称陈述时，往往就会遇到或然性说明。以上列举的第七、第十个例子例证了这种型式的说明，虽然第七个例子表现得更清楚。只要更明确地对第七例作一表述，它就变成这样：在古罗马，一个属于上流社会并且对暴政极端憎恨的人密谋杀死执掌暴政的人的相对频率(或概率)甚高(如大于二分之一)。卡修斯就是这样一个罗马人，恺撒就是这样一个潜在的暴君。因此，虽然没有由此推出卡修斯密谋杀死恺撒，但他这样做是高度可能的。

顺次提出一些述评。有时认为或然性说明只是达到演绎理想的一个权宜之计，因此并不构成一种独特型式的说明。如同经常提议的那样，只需用一个严格全称陈述来取代或然性说明前提中的统计假定即可，如在以上实例中，以一个断言在某些仔细界定的社会心理属性(卡修斯大概就具有这些属性)和参与谋

杀之间的恒定联系的陈述取而代之即可。虽然这一提议并不一定没有价值，它可能会刺激进一步的探究，但是在许多研究题材中，要以甚至适度合理的严格全称定律进行断言，而又要求这些定律并非琐碎无益，实际上是很困难的。经常能够得到合适保证的确立起来的最好的东西，便是统计规律性。因此，不能忽略或然性说明，否则便会付出把重要的研究领域从说明逻辑的讨论中排除掉的代价。

不要把是否已知一个说明的前提为真的问题，与一个说明是否是或然性说明的问题混淆起来，这具有实质性的意义。情况可能是这样的：没有任何科学说明的前提包含着已知为真的一般假定，每一个这样的假定只能被断言为"或然的"。可是，即使如此，这并没有抹杀演绎说明和或然性说明的区分。因为这一区分是以在前提和被说明项相联系的方式上存在差异为依据的，而不是立足于在我们对前提的知识上的任何假定差异。

最后，应该注意到，一个说明为了是一个或然性说明是否必须包含一个统计假定，或者非统计的前提是否可能不必使一个被说明项"或然"——在"或然"这个词的某个非统计意义上——这个问题仍然是一个未决问题。至于应该怎样分析前提和被说明项之间的关系，研究这个论题的学者们还没有达成一致，甚至在前提是统计前提，被说明项是关于某个个体的陈述的或然性说明中亦然。这些问题将在后面得到注意。

(3) 功能说明或目的论说明　在许多研究部门中，尤其是虽然不完全是，在生物学和人类事务的研究中，说明采取这样的形式：或者指明一个单元在维持或实现它所属的系统的某些特征方面所履行的一个或多个功能(或者功能失调)，或者阐明一个行动在导致某个目标中所起的工具作用。往往把这种说明称为"功能说明"或"目的论说明"。采用"目的在于"、"为了……起

见”此类的典型惯用语正是功能说明的特征。此外,许多功能说明还明确诉诸某个进一步的未来状态或事件,以便按照这个状态或事件来理解一个事物的存在或一个行为的产生。

可以进一步区分出功能说明的两种次要情形,这点实际上已蕴含在我们刚才的叙述中。可以为在规定时间发生的一个特定的行为、状态、或事物寻找一个功能说明。以上列举的第八个例子便是这种情形的实例。或者,二者必居其一,一个功能说明也可以赋予那在具有某种属性的一切系统中出现的一个特点——在这种系统可能存在的无论什么时刻。第九个例子也例证了这种情形,以上这两个例子都显示了功能说明的特征。因此,亨利解除他的第一次婚约的努力,是通过指出采取这一切努力乃是为了在将来能获得一个男性后嗣来加以说明的;而对人体中肺的出现的说明则是通过表明:为了维持一定的化学过程,为了保证生命的延续,肺以规定的方式起着作用。

功能说明的详细结构是什么,它们与非目的论说明的联系如何,为什么目的论说明在一些研究领域如此频繁,在其他领域则罕见,这些问题必须留待后面讨论。但需要立即对有关目的论说明的两个共同误解予以简要关注。

一个错误的假设是:只有当被如此说明的事物和活动是有意识的力量或这种力量的产物时,目的论说明才是可理解的。这样,在对肺的功能说明中,并没有提出这样的假定(不论是明确地还是暗中地),即肺具有有意识的目的,或它们是由一定的力量出于一定的目的创造出来的。简言之,在生物学中,或在其他地方,目的论说明的出现不必然是拟人论的标志。另一方面,一些目的论说明的确明显地假设了有意识的目的和深思熟虑的计划的存在;但是,如在对人的行为的某些方面的目的论说明的情形中那样,若有事实为这种说明担保,则它并不是不合法的。

同样,作出如下假设也是错误的,即:因为目的论说明在解释已存在的东西时包含着对未来的指涉,故而这种说明必定暗中假设未来因果地作用于现在。因此,在说明亨利努力解除婚约时,并没有提出这样的假定:他拥有一个男性后嗣这个没有实现的未来状态引起他从事一定活动。相反,对亨利行为的说明与下列观点完全相容,那正是他对某种未来的现实的渴望,而不是这个未来本身,因果地引起他的行为。类似地,在对肺的功能说明中,也没有作出如下假定:正是身体中未来的食物氧化使肺产生或者引起它起作用;这个说明不取决于否认肺的工作是由身体的现存构成及其环境因果地决定的。提出一个目的论说明,因而并不必然要以如下教条作为人质,即未来是其自我实现中的一个力量。

(4) 发生学说明 还要提到一种说明,虽然这种说明是否构成一种独特类型,还是一个存在争议的问题。历史研究往往是通过描述一个特定的研究题材是如何从某个早先的题材中演变出来的,来着手说明为什么恰是这个对象具有一定的特征。这种说明往往称为"发生学"说明,对生物和非生物、个体的特性和群体的特征,都可以提出发生学说明。以上列举的第十个例子便是这种类型。

发生学说明的任务,是提出这样一个主要的事件序列,经由这个序列,某个较早的系统转变为一个较晚的系统。因此,发生学说明的说明前提必然包含着大量关于系统的过去事件的单称陈述。至于发生学说明的说明前提,有两点须引起注意。第一点是显然的,即不是系统的发展历程中的每一个过去事件都需要提及。第二点是,要根据有关(往往是不言而喻的)假定来选择那些需要提及的事件,这些假定涉及到什么种类的事件与系统的发展因果相关。这样,除了单称陈述外,前提也应该包括关

于事件的因果依赖性的一般假定。

这些一般假定可能是相当精确的发展规律，对它们来说，可以得到独立的归纳证据。（当出于现有的目的，可以把研究的系统看作经历类似演化的某类似系统集合的一个成员时，就是这种情形，比如说对某个物种的一个个别成员的生物习性的研究。因为在这种情况下，往往有可能采用比较分析方法来建立这样的发展规律。）在其他情形中，一般假定可能只是模糊的概括，也许在内容上是统计的，可能不包含对研究对象的一些高度专门的特点的指涉。（当所研究的系统是一个相对独特的系统时，往往就是这样，如当分析处于一个特定文化中的某个制度的发展时。）但在发生学说明的熟悉例子中，这两种说明的说明前提都没有阐明被说明项中所陈述的事实发生的充分条件，虽然前提往往确实为后者阐述一些条件，这些条件在一般认为是理所当然的情形下是必要的。发生学说明基本上是或然的，这因而就是一个合理的结论。对发生学说明——以及更一般，历史说明——的结构的进一步考虑，容后再作分析。

三、科学进行说明吗？

这四种类型的说明已得到区分，因为看来它们与已经考察过的说明例子中存在的结构差异相对应，因为这种分类提供了一个便利的框架，以此可以分析在系统说明的建设中提出的重要问题。下一章将考虑尤其是（虽然不完全是）与演绎说明有关的一些问题。

在转离本章中发展的说明模式的纲要之前，有必要简要地评注一下那些对科学确实进行说明这一主张的历史上有影响的异议。这种异议认为：没有任何科学（一定没有任何物理科学）

确实回答了事件何以发生、事物何以以某些方式相联系的问题。只有当我们能够表明发生的事件必定发生、事物间拥有的关系必定在它们之间具有时,才能对这些问题作出回答。但实验科学方法不能发现现象——它们是每个经验研究的根本题材——中的绝对必然性或逻辑必然性;即便科学定律和科学理论是真的,但它们也不过就是关于现象之共存关系或相继次序的逻辑上偶然的真理。因此,科学回答的问题是有关事件怎样(以什么方式或在什么条件下)发生和事物如何联系的问题。因而科学家获得的至多只是精确的、综合性的描述体系,不是说明体系。[1]

这个论证提出的问题多于在这点上能够有益地加以讨论的东西。尤其是,定律和理论是否只是现象间的共存关系和序列关系的表述这一问题需得到比以往更多的关注。但即使允准这种定律观和理论观,明显的是这个论证在某种程度上取决于一个字面上的争端。因为该论证假设,只是在一个正确的意义上才能提出"为什么"问题,这就是,对该问题的合适回答就是对一个命题的内在必然性的证明。但这是一个错误的假定,正如以上列举充分表明的那样。因此,当认为这个论证依赖于这一假定时,对它的充分答复就是:对于"为什么"和"说明"这两个词来说,事实上已有公认的用法,以致于把对一个"为什么"问题的回

① "不能把说明物理现象正是自然科学的功能这一通常的思想接受为是真的,除非'说明'这个词是在极其有限的意义上得到使用的。由于有效因果关系的概念、逻辑必然性的概念无法应用于物理现象世界,因而自然科学的功能是在概念上描述自然中要待观察的事件序列;但自然科学不能说明这种序列的存在,因而不能在'说明'这个词能被使用的最严格的意义上来说明物理世界中的现象。这样自然科学倾其所能不过是描述现象怎样发生,或者按照什么规则发生,但它完全无能回答它们为什么发生的问题。"——E·W·霍布森《自然科学的领域》,伦敦,1923年,第81—82页。

答称为一个说明是完全合适的，即使当这一回答并没有提供把被说明项看作是内在必然的理由时。实际上，甚至那些正式拒斥科学总能说明一切事物这一观点的作者，有时也不免陷入把一些科学发现描绘为“说明”的语言之中。①

就该论证完全取决于有关语言用法的假设而论，它既不重要又不令人感兴趣。但这个论证事实上的确有些实质性的东西。它呼喊出来的异议原本是指向几个目标的。一个目标便是物理学和生物学中残存的拟人论，其中一些拟人论观点潜伏在甚至常与诸如力和能量这样的技术概念相联系的意义中，而另一些观点则出现于不经批判地加以使用的目的论范畴中。就此而论，该异议是对清扫知识之屋的一个要求，它促进了一个对科学思想进行严格分析的纲领——这个纲领依然是一个积极的纲领。该异议的第二个目标是针对那个在科学中曾盛行一时、而且继续以各种形式令一批杰出的信徒流连忘返的观念。依此观念，根据那种整理事物之必然秩序、因而不仅仅是偶然真理的自然律来说明现象，正是科学的职责。因此，这个异议其实是对一个主张的否认，即自然律不仅仅具有事实上的普遍性，这个否认与休谟对因果性的分析得出的一个主要结论相符合。这一论证提出的真正问题便不是一个关于语言用法的琐碎问题，而是一个实质性的问题，它关系到休谟对科学定律的本质论述的合适性，我们将在第四章关注这个问题。

---

① 如马赫把伽利略根据杠杆原理对倾斜面上的平衡的分析描述为对它的说明。（恩斯特·马赫《力学》，拉塞尔，伊利诺斯，1942年，第31页。）

第三章　说明的演绎模式

自从亚里士多德分析了他看作是科学理想的结构以来，总是必须以逻辑演绎的形式提出科学说明的观点已得到广泛接受。虽然演绎模式的普遍性可能还是一个未决问题，甚至当把这个模式设想为一个理想时，但几乎无可争辩的是，在科学中，许多说明——以及，其实最广泛和给人印象至深的说明体系——都呈演绎形式。此外，可以证明许多貌似不能实现这种形式的说明都示范了这一形式，当在这些说明中被视为理所当然的假定得到阐明时；一定不能把这种情形视为演绎说明的例外，而应把它看作是通常应用省略的三段论论证的例子。①

可是，我们必须问，在演绎型式的说明中，除了被说明项可从说明前提中逻辑上导出的要求外，这种型式的令人满意的说明是否还须满足进一步的条件呢？因而显然，对于提出来的每个说明来说，不只是因为它体现了一个演绎结构就可接受它。例如，当通过引用木星有 8 颗卫星的事实来说明木星至少有 1 颗卫星的事实时，没有谁会认为这个说明是令人满意的，即使确实可以在逻辑上从前一事实推出后一事实。对这个问题的讨论可以追溯到古希腊，那时已提出令人满意的说明须满足的大量附加条件。为了方便起见，这些条件可以划为三类：逻辑条件，这类条件指定对说明前提的种种形式要求；认识条件，这类条件规定人们应与前提处于什么认知关系中；实质性条件，这类条件规定前提应具有什么类型的（经验的或非经验的）内容。当我们

继续考察时，这些名称的涵义就会变得清楚。但对每类条件孤立地进行讨论既不方便又会陷入不必要的重复。因此，我们不去尝试这种割裂开来的呆板分析。不过，本章将考虑绝大多数值得注意的逻辑条件。

一、个别事件的说明

让我们从一个演绎说明的例子入手，在这个说明中，被说明项是某一个别事件的发生。考虑在前一章中提到的对这个事例的论证，即草坪表面在某一天形成湿度。对此，可以提出如下说明，这个说明比以前的更详细，虽然学究气也更浓：

> 每当包含水蒸气的任何容量的空气的温度下降到空气中蒸汽的密度大于空气中水蒸气在此温度的饱和密度这一点以下时，在凡是空气的温度已降到这一饱和点以下的地方，空气中的水蒸气就会凝结成液态水。
>
> 昨天环绕草坪的空气含有水蒸气。
>
> 当冰水浸入草坪时，与草坪直接接触的空气层的温度降低。
>
> 当这层空气的温度降低时，其中的水蒸气的实际密度大于处于新温度点的饱和密度。
>
> 因此，与草坪相邻的这层空气中的水蒸气在草坪表面凝结成液态水——简言之，在草坪上形成了湿度。

---

① 例如，一段导线在一特定时刻的膨胀，可以用这段导线恰好受热的事实来说明；显然，这个被说明项不是逻辑上从已被陈述的说明前提中推出的。但看来可能的是，提出来的这一说明暗中假设了一些附加前提，比如说，这段导线是铜线，铜总是受热便膨胀。当把这些前提阐明时，该说明的确遵从演绎模型。

在这个例子中，要注意的第一点是，前提包含着一个全称形式的陈述，这个陈述断言某些性质的一个恒定关系。在其他例子中，前提中可能不仅仅出现一个全称定律。① 如果现在我们对这个例子进行概括，那么看来在对一个单称的被说明项的演绎说明中，至少一个前提必须是全称定律，而且这个前提并不是不参与的，它在被说明项的推导中起着本质作用。② 显然，对于

---

① 其实，甚至在目前的例子中，也暗中假设了其他定律，一个这样的定律是，对每一个温度，空气有一确定的饱和密度。其他的定律不易引起注意，由于它们是如此令人熟悉地隐含在像水、草等种种事物的特征中。这些定律其实是断言，存在着性质不同的各种物质，每种物质显示出某些确定的性质联系和行为方式。例如，某物是冰这一陈述隐含地断言了一些性质（某一聚集态，某一颜色，某一凝固点和融点，以及与其他物质发生化学反应的亲和力，等等）是一致地相互联系的。在系统性的知识的发展中，类的发现和分类是其早期的必不可少的阶段；就日常经验中最先认识到的种类来说，一切科学——包括物理学和化学——都假定了种种特性并继续对其进行修改和提炼。其实，只有在获得了对种类的基本划分后，综合性的理论体系的发展才有可能。科学史不断证实了这一观点，对各个种类的注意和对其相互顺序的排列——这往往称为“自然史”的一个研究阶段，是发现得到公认的各类定律和构造具有深远意义的理论的先决条件。只有在实现了对种类的基本划分（这发端于远古时代）以后，现代物理学和化学才成为现实；传统的植物学和动物学主要从事类的说明和归类，一些社会科学仍在竭力实现对各种人类制度和社会制度的切实可行的系统表述。对不同种类的认识，是与把一个类归入（或包含在）另一个类携手并进的。这样，化学不仅对铜类和硫磺类进行区分，而且也区分了金属和非金属。类似地，生物学把虎种和狮种包含在一般的猫科中，把猫科包含在食肉类动物目中，把食肉类动物目包含在哺乳动物门中，等等。当获得了动物之间的一个包含系统时，通过表明一个个体是一个亚种的成员，就有可能说明（即使仅粗糙地）该个体为什么是一个特定种类的成员（如一只家畜是哺乳动物，因为它是一只猫，而猫是哺乳动物的成员）。这种说明显然离现代理论科学使我们习惯的那种说明十分遥远，不过它们是通向后者的早期阶段。

② 引入这个附带条件是为了消除意义不大的例外。这样，虽然“布朗比史密斯大”是从“史密斯比布朗小”和“一切哺乳动物都是脊椎动物”这两个前提推出的，但不能把这算做一个说明，尽管前提包含着全称定律，因为这个推导不需要第二个前提。

把从木星有八颗卫星推出它至少有一颗卫星这样的说明实例排除为真正的说明来说，这个要求是充分的。

但除了具有一个全称定律外，以上前提也包含着一些单称陈述即例示陈述，这些陈述断言某些事件已在指定的地点和时间发生，或断言特定对象具有确定的性质。这些单称陈述将被称为“初始条件陈述”(或简称“初始条件”)。更一般地说，初始条件构成说明前提中所包含的定律得以应用的特定情形。但要以一般的术语阐明哪些情形要被选择来充当初始条件，那是不可能的，因为对该问题的回答取决于所使用的定律的具体内容，以及取决于要援引这些定律来解决的具体问题。

作为形式逻辑的一个要点，初始条件对于个别事件的演绎说明必不可少，这是显然的。因为从具有全称条件句形式的陈述演绎出例示形式的陈述，逻辑上是不可能的。(例如，从形如“对任意 x，如果 x 是 A，那么 x 是 B”的一个全称条件句不可能推出形如“x 是 B”的一个例示陈述。)这点虽然极为明显，但在科学方法的讨论中它却是常受到忽视的一个要点。这种忽视至少部分地是造成有时在用广泛的概括来说明详细的事实材料时自由散漫的原因(尤其是在人类事务的研究中)，是使观察者在对实际事实是什么进行刻意分析时有时掉以轻心的原因。但要具体地应用定律和理论往往颇为困难，因为得不到从而不知道运用那些定律和理论的具体初始条件。反过来，往往提出一些错误的说明和虚假的预言，因为定律和理论是被应用于这样的情形——这些情形并不构成对那些假定进行使用的合适的初始条件。虽然在对事件的实际过程的科学说明中，无论哪种定律都是不可或缺的，但实际发生的事件不能完全诉诸这些定律加以说明。在对科学理解的追求中，如同法律争端的解决中那样，仅有一般原理还不能决定个别事例。

因此，对于一个被说明项是某一事件的发生或某个性质为一特定对象所具有的一个演绎的科学说明来说，它必须满足两个逻辑条件。首先，其前提必须包含至少一个全称定律，对于被说明项的推导来说，这个全称定律具有本质意义。其次，前提也必须包含适量的初始条件。[①]

二、定律的说明

致力于系统陈述以演绎的方式组织起来的某个科学分支的专论，通常都不包含对个别事实和特定事实的说明；如果说它们这样做，往往只是通过例证定律和理论的应用来进行的。不管怎样，在更高级的物理科学中，首要关心的是定律的说明，因而是定律之间系统的相互关系。

对定律的一切说明看来都具有演绎型式。[②] 我们必须考查究竟是什么具体特点刻划了定律的特征。我们将首先考虑对全

---

① 虽然对一个单称事实的说明要求前提包含对定律和初始条件的陈述，不过，随着研究旨在发现和确立的前提的类型不同，这些研究也有所不同。这样，我们可以指出某一事件的发生，然后通过发现某个其他的事件以说明这个特定事件，而根据一个已得到证实的定律，这另一个事件被认为是那个特定事件发生的条件。例如，若汽车的一个轮子漏气了，根据车轮漏气是内胎被刺穿的结果，我们就可以对漏气进行检查。另一方面，我们会注意到两个或多个事件，推测它们是有意义地相关的，并试图发现这样的定律，它们表述具有那一特性的事件之间具体的依赖方式。这样，我们可能恰好注意到一个人在从事某种剧烈的锻炼后其脉搏速率增加；若我们推测脉搏的速率以某种方式取决于锻炼，则我们就可以着手研究这些活动之间的确切联系以得出关于它们的依赖关系的一个普遍公式。又，在试图说明某些事件时，研究可能是针对发现这两种类型的合适说明前提。例如，我们可能不知道与某种癌生长现象有关的定律，对于决定这种生长的具体事件我们也不得而知。因此我们可能会力图发现致癌的具体情形，以及把这些情形与癌生长联系起来的规律。

② 当然，这并不意味着定律总是只经由演绎手段确立起来的。其实绝大多数定律是通过为它们引证观察证据才被证明是正当的。

称定律的说明。此外，我们将暂时忽视统计规律，以及早先提到的在这两种类型的说明之间的区分——其中一种说明的一切前提都是“实验定律”，而另一种说明的前提则包含“理论”假定。因此，让我们转到前一章引用过的一个例子，即对冰浮于水中这一定律的说明。但细致精确地叙述物理学家如何从说明这个定律通常采用的前提中推出这个定律，将是令人乏味的。就这些前提的本质来说，早先给出的提议足以满足我们的目的。①

在这个说明中，有三点是明显的：一切前提都是全称陈述；不止有一个前提，其中每个前提在被说明项的推导中都是本质的；② 前提，不论是单独来看还是共同来看，都没有逻辑地推出被说明项。第一点勿需怎么评注，因为被说明项本身是全称定

---

① 对这个演绎的第一级的逼近如下：在与流体表面相垂直的方向上，浸没于流体中的物体所受到的流体的浮力，与该物体所排除的流体的重量相等但方向相反。（因此，水对浸没在其中的冰的浮力，其方向与水面相垂直，其大于等于它所排开的水的重量。）

一个物体处于平衡状态，当且仅当作用在该物体上的力的矢量和为零。（因此，浸没在水中的冰处于平衡状态，当且仅当作用在冰上的力的矢量和为零。）

在平行于液面的方向上，一个浸没于液体中的物体受到的力的矢量和为零。

每一个力是两个正交方向上的力的矢量和（这两个力称为这个特定的力的“分量”）。〔因此，浸没于水中的冰处于平衡当且仅当在垂直于水面的方向上作用在冰上的力的矢量和为零。从而，当且仅当浸没于水中的冰所受到的力是水的浮力和冰的重力，浸没于水中的冰处于平衡当且仅当水的浮力与冰的重量大小相等方向相反。〕

水的密度大于冰的密度。〔因此，一定体积的水的重量大于同体积的冰的重量。〕

因此，如果浸没于水中的冰所受到的唯一的力是水的浮力及其自身的重量，那么冰要处于平衡状态当且仅当冰的一部分不被水淹没，以及水的浮力与冰的浸没部分所排开的水的重量大小相等方向相反。总之，浸没于水中的冰处于平衡（在只有垂直方向上的力作用时），当且仅当它是漂浮着的。

② 通过形成几个前提的合取，总有可能恰好得到一个前提。在正文中想要做的是，要是只有一个单一的合取前提，则它等价于几个逻辑上独立的前提的一个类，而这个类将包含不止一个成员。

律，所以第一点在逻辑上是必不可少的。因此，在对全称定律的说明中，把初始条件引入前提是不必要的。

但第二点确实提出了一个问题，即前提中不止出现一个全称定律，这是所使用的例子的特殊性使然呢，还是它是一切可接受的说明的本质标志？由于没有确切标准在令人满意的说明和不令人满意的说明之间作出区分，因而该问题不能得以最终解决。为了便于讨论我们的想法，考虑一下阿基米德定律，即浸没于液体中的物体所受到的浮力等于该物体所排开的液体的重量。作为一个特例，由此推出浸没于水中的冰所受到的浮力等于冰所排开的水的重量。[①] 但绝大多数物理学家看来不会说这个特殊定律由此已得到说明；一定只有为数不多的几个人会把对这个特殊定律的这一演绎"体验"为一个说明。如果可以认为这个例子具有典型意义，且就科学家们对此将何以作答而论，如果这些猜测是可靠的，那么，说明假定至少应包括两个形式上独立的前提，这看来是对定律之说明的一个合理的逻辑要求。

为了支持这一要求，还须作进一步的考虑，虽然这点并不具有太大的独立性。在讨论两种情形之一的定律时，我们经常保留"说明"这个词。在第一种情形中，定律所表述的"现象"证明

---

① 其实，通过用具体的值代替隐含在阿基米德定律的表述中的"变量"，就可以实现这个演绎。该演绎的纲要形式如下：

对于 K_1 中的一切性质 P 和 K_2 中的一切性质 Q，所有 P 都是 Q。
依前提，A 在 K_1 中，B 在 K_2 中，
因此，所有 A 都是 B。

这个推导极类似于从玻义耳—查尔斯定律（对任何理想气体，气体的压力与其体积之积正比于其温度）推出玻义耳定律（对任何理想气体，当其温度保持不变时，其压力与体积之积是一常数）。

是几个独立因素的结果，而这些因素处于某一组特殊的关系中。在第二种情形中，定律所断言的一些性质之间的恒定联系证明是两个或多个联系的产物，这里后一种联系是在该定律提到的特性和其他种种特性之间所具有的，而这些其他特性就是一个链或一个网络中的中介联系。从如下类似图式的例证中，大概就会更清楚这些抉择的意图所在。让我们假设一个全称定律具有一个简单的全称条件句的形式："对任何 x，如果 x 是 A，那么 x 是 B"（或"一切 A 都是 B"），这里"A"和"B"指代一定性质。假设性质 A 出现当且仅当性质 A_1 和 A_2 共同出现。进一步，假设一切 A_1 都是 B_1，一切 A_2 都是 B_2。由此推出一切 A 都是 B，这样该定律就得到了说明。这个图式论证了上述抉择中的第一个。一个具体的例子是对这一定律的说明，即由于浮于水中的冰的行为表明是冰所受到的几个独立作用的力的结果，因而冰浮于水中。但这个说明的实际逻辑结构远比以上图式所描述的结构复杂。

当从各自形如"一切 A 都是 C"和"一切 C 都是 B"的两个定律推出形如"一切 A 都是 B"的定律时，对该定律的说明就为第二个抉择提供了一个纲要式的论证。这种情况的一个具体例子是对这一定律的说明，即"当在不改变其热量的条件下含有水蒸气的气体充分膨胀时，水蒸气就凝结"，这个定律是从两个定律推出的，一个定律是"当气体在热量不变的条件下膨胀时，其温度下降"，另一个定律是"当含有水蒸气的气体的温度下降时，蒸汽的饱和密度降低"。

显然，属于这两个图式之一的说明都采纳了至少两个前提。但只要我们采取这一要求，即在一个令人满意的说明中，至少必须出现两个前提，那么我们就有理由确信，在科学中，我们不会发现有太多的说明违背这个要求。

就冰的例子而论，以上指出的第二点——被说明项逻辑上不蕴含前提，作为对说明的一个普遍要求，争议不大。因为若不满足这个条件，则前提的合取在逻辑上就会等价于被说明项；在这种情况下，前提不过是重新阐述要待说明的定律而已。例如，考虑这一定律：一个自由落体经历一定距离所需的时间正比于该距离的值的平方根。这个定律逻辑上是从如下定律推出的，即一个自由落体所经历的距离正比于下落的时间间隔的平方。可是，由于这个前提正好是被说明项的等价数字变换，因而没有谁会把它看作是对这个被说明项的说明。（这个例于违反一个说明必须有不止一个前提的要求。由于过分复杂，不能详述不违反这个条件、但被说明项在逻辑上仍然等价于前提的例子。例如，力学的牛顿表述和18世纪的理论物理学家约瑟夫·拉格朗热给出的表述是等价的，尽管前者为物理学的初学者所熟悉，而后者由于使用高等数学就不太为人所知了。）如果谁要这样做，他或许正把被说明项当作对其自身的说明。

因此，看来清楚的是，我们希望在一个令人满意的说明中，对某个东西进行论断的说明前提多于被说明项所断言的东西。更具体地说，我们的希望是，在对一个特定定律的说明中，至少前提之一应满足如下要求：当与另外的合适假定相结合时，该前提应该就能说明其他定律，而不是只能说明这个定律；另一方面，甚至当把那些另外的假定与该定律结合起来时，借助于这个特定定律来说明这个前提，应该就不可能了。在一个说明中，如果没有一个前提满足这一要求，那么就会得出两个不受欢迎的结果：首先，要得到前提的证据，而这一证据又不是所讨论的被说明项提供的证据，是不可能的；其次，除了在孤立事例中外，由于已知事实以及尚待发现的事实还没有关联，所以说明不会有意义地把题材的组织发展成为一个体系。

前提必定不能等价于被说明项的要求足以充分地排除许多伪说明，在这样的说明中，前提不过是通过为尚待说明的事实杜撰新名称而重新命名了它们而已。伪说明的经典例子是莫里哀的讽刺作品的抨击对象，在他的作品中，莫里哀对那些人大加嘲弄，因为他们用鸦片具有安眠功效的宣言来说明鸦片引人入睡这一事实。有时可以在通俗科学讲解中发现不明显的说明例子，即如果一个物体不受非平衡外力的作用，其速度就会保持不变，因为一切物体都具有一种内在的惯性力。这就是一个伪说明，因为“惯性”这个词正是该定律所阐述的事实的另一个名称。

三、说明中的普遍性

可是，对于令人满意的说明还有一个另外的要求，这个要求与刚才考虑的那个密切相关，且已经被经常提出。[1] 据此要求，至少一个说明前提必须比要待说明的定律“更普遍”。因而，据说阿基米德定律（在浮冰的例子中已出现过）比冰浮于水上这一定律更普遍，因为前者是针对一切液体而不只是水、是针对一切浸没于液体中的物体而不只是对水中的物体作出的论断。类似地，杠杆定律被认为比涉及脊椎动物运动的定律更普遍；更广泛的，虽然只是在一种不甚严格的意义上，通常宣称物理学定律比生物学定律更普遍。

可是，虽然在使用“更普遍”的例子中，这个词的涵义足够明白，但要对这个概念给出一个精确的阐述，并非易事。不过我们

---

① 参见J·S·穆勒：《逻辑体系》，伦敦，1879年，第3卷，第13章第4节；诺尔曼·R·坎贝尔《物理学原理》，剑桥，1920年，第114页以下；卡尔·波普尔：《研究的逻辑》，维也纳，1935年，第75页（英译本名为《科学发现的逻辑》）。

必须尝试这样一个阐明，并指出由此产生的一些困难。当说一个陈述 S_1 比第二个陈述 S_2 更普遍时，大概不是说 S_1 必须逻辑上蕴含 S_2；因为在阿基米德定律和冰浮于水上这一定律之间，并没有得到这种蕴含，尽管前者据认为比后者更普遍。此外，以这样一种方式来分析"更普遍"这一表达式的意义，以致说 S_1 比 S_2 更普遍不尽然，是因为 S_1 逻辑上蕴含 S_2，这是合理的。例如，"一切行星都绕椭圆轨道运行"这个陈述逻辑上蕴含"一切行星都绕作为圆锥断面的轨道运行"这个陈述，但大概第一个陈述不比第二个陈述普遍。因此，S_1 逻辑上蕴含 S_2 看来既不是 S_1 比 S_2 更普遍的充分条件又不是其必要条件。

如果我们局限于这样一类特殊的陈述，对于这类陈述来说，或许有可能比较其相对"普遍性"，那么，定义这个关系的一种明显方式如下。[①] 只考虑这样的定律，可以把这些定律陈述为形式最简单的全称条件句。设 S_1 是形如"对任意 x，如果 x 是 A，那么 x 是 B"的陈述（或者，更习惯的表达方式是"一切 A 都是 B"），S_2 是形如"一切 C 都是 D"的陈述。当且仅当"一切 C 都是 A"逻辑上为真但其逆命题"一切 A 都是 C"并非逻辑上为真时，我们说 S_1 比 S_2 更普遍。进一步，当且仅当"一切 A 都是 C"和"一切 C 都是 A"逻辑上都为真时，我们说 S_1 和 S_2 一样普遍。如果具有后一形式的陈述没有一个逻辑上为真，那么就说 S_1 和 S_2 在其普遍性上不可比。例如，根据这个定义，阿基米德定律（浸没于液体中的一切物体受到的浮力在数量上等于该物体所排开的液体的重量）就比浸没于水中的冰浮在水上这一定律更普遍。因为"浸没于水中的冰是浸没于一种液体中的一个物体"这一陈述是由于与其词项相联系的意义而为真，但其逆命题显然就不

① 波普尔：《研究的逻辑》。

是这样。

当说一个陈述比另一个陈述更普遍时，虽然这个定义乍看为我们大概设想的东西提供了一个令人满意的阐明，但它也导致了一些困难。因为两个逻辑上等价的陈述应具有同样的普遍性这一要求似乎是合理的。这样，若 S_1 比 S_2 更普遍，又若 S_2 逻辑上等价于第三个陈述 S_3，则 S_1 也将比 S_2 更普遍。可是，当按照以上提出的定义来理解“更普遍”时，这个要求就得不到满足了。这样，设“一切 A 都是 B”比“一切 C 都是 D”更普遍（以致“一切 C 都是 A”但不是其逆命题在逻辑上为真）。但“一切非 A 都是非 B”在逻辑上等价于“一切 A 都是 B”，符合提出的要求，因而它应比“一切 C 都是 D”更普遍。因为根据提出的定义，情况是：“一切 C 都是非 B”在逻辑上必然为真，尽管其实这往往不会发生。比如说，从提出的定义来看，“一切生命有机体皆死”比“凡人皆死”更普遍（因为“一切人都是生命有机体”是一个逻辑真理，尽管其逆命题不是），“一切生命有机体皆死”逻辑上也等价于“一切不死之物都是非生命有机体”。但由于“一切人都是不死之物”显然不是一个逻辑真理，故而当从提出的定义来进行判断时，“一切不死之物都是非生命有机体”这一陈述就不比“凡人必死”更普遍了。①

这些困难对于对更大普遍性概念提出的阐明不必然是致命

---

① 利用在形式逻辑中已被表明具有的其他等价性，还可以设想具有类似性质的其他困难。比如说，“一切 A 都是 B”比“一切 AE 都是 B”更普遍，因为“一切 AE 都是 A”是一个逻辑真理，但“一切 A 都是 AE”不是。但“一切 AE 都是 B”在逻辑上等价于“一切 A 或者是 B 或者是非 E”。可是“一切 A 都是 B”并不比“一切 A 或者是 B 或者是非 E”更普遍，尽管实际上它比一个在逻辑上等价于后者的陈述更普遍。这些困难不是通过这一修改就能避免的，即把在对更大普遍性的充要条件的最初阐明中提出的要求（据此要求，“一切 C 都是 A”但不是其逆命题必须是一个逻辑真理。）修改成为“一切 C 都是 A”但不是其逆命题只是偶然（事实地）为真这一较弱的条件。

的。但为了避免这些困难，就必须放下这一似然的要求，即逻辑上等价的陈述必定具有同样的普遍性，而采纳另一个见解，即定律的比较普遍性是相对于表达它们的方式的。但或许会遭到反对的是，由于对一个特定陈述来说，存在着无限多的在表述上有所不同的逻辑等价物，因而这样一条路线就为在按照定律的普遍性来对其进行划分时的随意性开了方便之门。不过，这种随意性并不像初看那么严重。因为对一个定律的实际表述往往会指明，在既定情景中，作为断言之题材的事物的范围究竟是什么。而在这种既定情景中，对该定律的拟定范围的鉴定是受具体研究的性质支配的，除了在处理一组问题而不是另一组问题上存在着固有的任意性外，在这点上没有什么特别任意的东西。因此，由于在一个定律的陈述中，主题词项指明了该定律在它的一个具体使用情景（或一类使用情景）中的拟定范围，因此一个定律比另一个定律更普遍的论断并非注定是任意的——即使在某个其他的情景中需要一个不同的比较判断。例如，冰浮于水中的定律往往这样被使用，结果它的应用范围是浸没（或已浸没，或将浸没）在水中的冰的实例的一个无限大的类。但难得这样来使用这个定律，以致于其应用范围被看作是一堆（无论在过去、现在，还是将来）并不浮在水中的乱七八糟的东西。其实，一个肯定合理的主张是，在某一情景中，若以后一种方式使用这个定律，则就应该合适地修改在那一情景中对该定律的习惯表述。不管怎样，在对定律的实际表述中，看来需要暗中指涉定律的使用情景。但若是这样，就不能指望对于更大普遍性概念所提出的阐明没有缺陷。

可是，由于迄今讨论的这一阐明没有抓住“更普遍”这个词的更广泛，虽然也更模糊的涵义，这件事就值得略加注意了。当说物理学是比生物学更普遍的一门科学时，或者更具体地，当宣

称杠杆定律比(比如说)蓝眼睛的父代只有蓝眼睛的子代这个定律更普遍时,这个涵义就得到了例证。有时这样的陈述或许是意指,生物现象只能在物理定律的基础上得到说明,而不是反其道而行之。但不论这个主张是否真实,它并没有传达这些例证性陈述总想表达的涵义,因为值得怀疑的是,是不是已有人认为杠杆定律能够说明关于人的遗传的任何定律。更经常地与这种陈述相联系的涵义是这样的:杠杆定律(以及更广泛地,物理科学)表述事物的某些特征,不管这些事物是生物还是非生物。另一方面,关于眼睛颜色的定律(以及更广泛地,生物科学)是对有关的属性进行断言,这些属性只是由某一类特殊的系统显示,而一些(虽然不必然是一切)这样的系统也显示了杠杆定律所表述的特征。因而杠杆定律是对生物定律所考虑的事物的许多特点进行抽象而得出的,在杠杆定律中出现的描述性表达式所能断言的系统的范围,比生物定律中出现的描述性表达式所能断言的系统的范围要广。

关于对"更普遍"的涵义的这种解释,让我们试图给出一个更精确的形式说明。设 L_1 是一个定律(或构成某一具体学科如物理学的一套定律和理论),设"P_1","P_2",……,"P_n"是一组"基本"谓词,按照这组基本谓词,在某种意义上就可以定义在 L_1 中出现的谓词。(为了简单起见,且在本质上不损害陈述的普遍性的条件下,我们都假设这些谓词都是形容词或"一目"谓词,如"硬的"或"重的",而不包括关系表达式,如"长于……"或"先于……"。这样,这些谓词可以用来构造形如"x 是坚硬的"这种只包含一个个体名称的陈述。)类似地,设"Q_1","Q_2",……"Q_k"是定律 S_2 的相应的基本谓词的集合。最后,设 K 是一个对象的类,其中的每个对象能够由每个集合的谓词有意义地描述,不管它是真是假。这样,若"重的"是属于第一个集合的一个谓词,

"哺乳动物的"是第二个集合的一个谓词，则 K 将只包含这样的元素(如桌子、岩石、动物)，对于其中的每个元素来说，说它是重的且是哺乳动物的，那是有意义的(虽然可能是假的)。只有当一个对象实际上具有在一个定律中所提到的各种性质，而且，只有当这些性质相互间处于该定律所断言的关系之中时，我们将说 K 中的这一对象"非空地"满足这一定律。我们将说对象"空地"满足这个定律，如果它们没有 L 中所提到的所有这些性质，因此不能算作否证了 L 或是 L 的反例。例如，由一条忽略重量的线悬置起来的一个重物构成的系统将非空地满足单摆周期定律。另一方面，一本置于桌上的书构成的系统只是"空地"满足这个定律，虽然往往会说该定律被这个系统证伪了，但这个系统其实并不具有由该定律表达了其相互关系的种种特性，简言之，这个系统不是单摆。

我们现在假设下列条件：(1)第一个集合中的一些(也许全部)谓词出现在第二个集合中，但第二个集合中的一些谓词不属于第一个集合。(2)K 中的每个对象至少有一个 P 性质，即由第一个集合中的一个谓词指定的一个性质。(3)存在着在 K 中的对象的一个非空子类 A，且这些对象只具有 P 性质。(4)存在着在 K 中的对象的一个非空子类 A，其中的每个对象至少具有一个不是 P—性质的 Q—性质。(作为这些规定的结果，在第一个谓词集中，无论哪个谓词实际应用到的对象的范围都比对第二个谓词集来说的相应范围要广。)(5)存在着在 K 中的对象的一个非空(不必是严格意义上的)子类 B，其中的每个对象非空地满足 L_1，以致 B 中的一些对象属于 A 而另一些属于 $\overline{A}$。(因此，当 L_1 被非空地满足时，它就有效，不论一个对象是不是只具有 P—性质。)(6)存在着 $\overline{A}$ 中对象的一个非空子类 C，对于 C 来说，L_2 非空地有效，以致于 C 中的一些(或许一切)对象也属于 B。

(因此，与 L_1 不同，L_2 只被某些对象非空地满足，这些对象具有某个不是 P 性质的 Q 性质。）当这 6 个条件被满足时，可以说 L_1 在 K 上比 L_2 更普遍（在目前讨论的"更普遍"的一个更广泛的意义上）。如果在这 6 个条件中引入这一要求，即 C 必须完全被包含在 B 中，则"更普遍"的这个目前涵义就被专门化了，结果便接近先前讨论过的这个词的狭窄涵义。

对于"更普遍"的广泛意义来说，为了使得对它的这个形式论述完全令人满意，还需要在几个方向上加以推敲。比如说，就有必要讨论对 L_1 和 L_2 中的谓词所采取的"定义"的本质；也需要澄清在什么意义上 L_1 被假设对对象"有效"；还需要限制能够作为 K 的成员的对象的类型，以及限制 P 性质在其中的分布。不能进一步探究这些问题，但目前讨论的目的是指出，我们可以区分"更普遍"的两种相当清楚的涵义，并且往往可以相对于全称陈述的相对普遍性对其进行比较，不管是在这个词语的狭义上还是广义上。对此，我们已经进行了充分的论述。对这点进行详细论述的理由是，令人满意的说明的前提看来确实比被说明项更普遍。说明前提的更大的普遍性具有相当重要的意义，因为这个特点有助于获得广泛的说明体系。我们现在将考察在某些科学中全称陈述借以获得广泛的普遍性的一个重要手段。

四、对说明的认识要求

迄今所考虑的对说明的要求基本上完全是逻辑条件，但显然也必须认识到其他要求。比如说，对一个单独事件的产生提出的说明，如果已知其中一个初始条件为假，那么这个提议由于不能令人满意，就会立即遭到拒斥。因此让我们简要地转到合适的说明须满足的一些认识要求。

在讨论这一问题时，亚里士多德认为，一个演绎说明中的前提必须为真，它们必须被已知为真，它们必须比被说明项“更为人熟知”。[①] 我们将依次审视这些条件，并讨论一些与此相关的条件。

1. 一个说明的前提必须为真，对这一提议的评价，由于一个重要的情形而变得复杂。全称陈述，作为某个综合性的科学理论的一部分，经常出现在科学说明的明确前提中。但是，全称陈述是否能被表征为非真即假？在这一问题上，许多思想家众说纷纭，不相一致。因此，任何人，只要认同这一观点，即这种特征当与全称定律相联系而被使用时，是被误用了，则他就会自动拒斥一个令人满意的说明中的明确前提必须为真这一要求。因而对这个要求的拒斥取决于解决刚才提到的那个问题的方式。我们以后再讨论这个问题。但目前我们将假定，在一个说明中，作为前提的每个陈述非真即假。

如果作出了这一假定，则一个令人满意的说明的前提必须为真的要求看来是不可避免的。构造一组满足演绎说明的逻辑条件的任意前提，总是相对容易的；若不对这些前提施加进一步的约束，则要轻而易举地说明宇宙中的任何事实，只需恰当的数学能力和逻辑推理能力就行了。但事实上，如果已知任意构造的说明的前提是假的，那么所有这种说明都会由于不合适而不予考虑。前提的真实性无疑是一个令人满意的说明所期望的一个条件。

2. 但如果我们没有能力说前提是否为真，则在判断提出来的一个说明的价值时，这个要求并没有把我们带得太远。前提

---

① 亚里士多德：《后分析篇》，第1卷，第2章。

必须已知为真，这个亚里士多德要求提供了一个似乎有效的标准，许多说明不能令人满意而被排除。但这个要求过于苛求，若采纳了它，则难得有几个现代科学给出的说明能被接受为令人满意的。因为事实上我们不知道经验科学的说明中所采取的不加限制的全称前提是否确实为真；又如果我们采纳了这一要求，则在当代科学中，绝大多数得到广泛接受的说明就会因不能令人满意而被拒斥。这其实是对该要求的一个归谬论证。实际上它会简单地导致另一个界标——这个界标或许是为此目的才杜撰出的——把科学共同体判断为有价值的说明（尽管在这个要求下，这些说明还有着些许"不能令人满意"的特征）与得到不同判断的说明区分开来。因此，在采纳对说明合适性的这个苛求的亚里士多德要求时，就没有什么道理了。

不过，就说明前提的认知地位而言，需要某种类型的一个规定，虽然这个规定弱于亚里士多德要求。对于这个弱的条件来说，一个合理的候选者是这一要求，即说明前提应与得到证实的经验事实保持一致，此外，它们还应得到这种证据——这种证据所立足的观察资料不同于被说明项的接受据以立足的观察资料——的"合适支持"（或这些证据使它们"似然"）。这个要求的第一部分其实就是如下要求：不应该有把前提看作是假的根据。第二部分不仅试图排除没有得到任何证据支持的所谓特设前提，而且其中也试图排除这样一种说明——这种说明在某种意义上是循环的，因此价值不大，因为这种说明的一个或多个前提只是由（也许只能由）用来确立被说明项的证据确立起来的。例如，假设我们打算说明在某个特定日子由无线电产生的、称作天电干扰的爆炸声；又假设说明前提之一陈述的是这一初始条件，即在这一天太阳发生剧烈磁爆。但若磁爆产生的唯一证据便是无线电的天电干扰，则这个说明就因循环论证而受到损害，从而

一般就会被看作是一个失败的说明。但在这个说明中，其实例示前提的证据可以不依赖于无线电产生的磁爆声而获得。如果不能给出这种独立证据，这个说明的价值将大受怀疑。[1]

这个关于说明前提的认知地位的较弱假定无疑是含糊的。因为目前还得不到公认的精确标准判断一个假定实际上是否得到既定证据的"合适支持"。尽管含糊，但在支持一个确定假定的证据的合适性上，在某一个研究领域中卓有能力的人们仍可达到较好的一致。不管怎样，在实践中，就提出来的一个说明的价值而论，这个较弱的条件在舆论上是公平的。不过对该条件还可以提出如下异议：由于对于一个假设的全称定律来说，其证据在时间上不是不变的，因而，一个把该定律包括在其前提之中、且一度令人满意的说明，在发现了不利于那个定律的证据时，就不再令人满意了。但这个异议不是一个令人心烦意乱的异议，除非这一暧昧的假定被提出，即在把一个说明判断为令人满意的时候，正在断言一个无时间限制的性质为这个说明所具有。因此，把这个条件采纳为合适的说明应满足的一个要求，不

① 在"说明的逻辑研究"(《科学哲学》杂志，第15卷，1948年，第135—178页)中，亨普尔和奥本海姆更形式地得出了本质上类似的一点。他们论证，如果不采纳正文中提到的约束，那么借助于任何任意选择的全称前提和一个合适构造的初始条件，就能说明任何例示性的被说明项。因此，设E是任意的被说明项，L是如下定律：对任意x，如果x是A，那么x是B；C是初始条件，它或者陈述一个特定的个体i是A但不是B，或者陈述E。由此从前提L和C中逻辑上推出了E。因为从L中我们能够得到这一推论：情况正是这样的，即个体i是A但不是B；若我们把这与C结合起来，就得到E。但若我们问怎么样确立C，那么按照L为真的假定，显然确立C的唯一方式是进行如下推理：根据假设，E为真；因此要么E为真，要么个体i是A但不是B。这样，只有通过先确立E才能确立C。亨普尔和奥本海姆由此提出了这一条件：定律L的真必定不意味着，从中可以演绎出C的每一类真的证据陈述也将得出E——或者，二者必居其一，至少存在着一类证据陈述，以致于可以从这类陈述中演绎出初始条件C，但是，既非E又非L的否定能够从中演绎出。尤其参见第162—163页。

是不合理的。

3. 一个科学说明的前提必须比被说明项“更为人熟知”，这个亚里士多德要求与其关于什么构成科学知识的适当对象的观念密切相关；亚里士多德意欲把这个要求完全应用于科学定律的说明。按照这个观念，真正的科学知识只是对必然如此的东西才是可能的。这样，就不可能有对于特殊事件的科学知识；对于某个自然领域的全称定律，当没有把它们看作是内在“必然”时，对它们的说明，必须通过表明它们是那个领域的“第一原则”的推论来进行，而第一原则则可以直接被领悟为具有内在必然性。因此第一原则是科学说明的基本前提；它们比任何被说明项都“更为人熟知”，因为它们的必然性是理智固有的，且对理智而言是显而易见的。无疑，充当这种科学观之模式的知识部门便是论证性几何学，其中的每个定理都是陈述普遍必然的东西；这种必然性和普遍性或许都不是直接明显的，只有当从普遍性是“自明的”公理或第一原则演绎出一个定理时，该定理的普遍性和必然性才得到证实。在宣称一个说明的前提必须比被说明性“更为人熟知”时，亚里士多德正是在阐明他的科学本质观。

对于凡是能够被鉴定为现代经验科学所断言的一部分内容的任何东西来说，这个观念都不正确。因此，说明前提应比被说明项更为人熟知这一亚里士多德要求完全是不中肯的。另一方面，这个要求的各个心理化的变种却广为流行，且往往被一些著名的科学人物发展为令人满意的说明须满足的本质条件。这些条件的实质就是，由于通常需要说明的东西是陌生的、意想不到的，所以只有按照熟悉的东西使不熟悉的东西得到理解时，一个说明才会产生真正的理智满足。例如，一位当代著名的物理学家主张，一个“说明完全在于以这样一种方式把我们的复杂系统分析成为若干较简单的系统，以致于我们认识到了这个复杂系

统中诸要素的相互作用,而这种相互作用是如此地为我们熟悉,结果我们把它们接受为勿须说明的”。[①] 他又论证道,由于当前的量子理论没有表明属于其领域的物理系统如何是诸种熟悉的要素之间熟悉的作用方式的结果,所以量子理论没有给予我们对什么东西进行了说明的意义,尽管公认它取得了相当系统的成就。在自然科学以及在社会科学中,许多其他的思想家已表达了类似的观点。

在科学史中,重大的发展都受到了按照已熟悉的东西来说明新的事实领域这一愿望的支配,否认这点无疑会让人抓住把柄。只须回想一下熟悉的力学模型在构造热、光、电等现象的说明中,乃至在对人类行为的说明中的持续作用,就会认识到这个说明观的影响。不过,说明不总是被判断为不能令人满意的,除非它们实现从熟悉的东西到不熟悉的东西的还原。当按照有关光的构成和染色物质之构成的物理假定和化学假定来说明阳光照耀在染色物质上产生的变白效应时,这个说明没有被拒斥为不能令人满意的,即使它正是按照大多数人相当不熟悉的东西来说明熟悉的东西。此外,时下讨论的这种说明观与如下事实明显不符,即在整个科学史中,往往引进这样的说明假说——这些假说以假定的诸要素之间的相互关联的方式为公设,而在这里,这些相互关联和要素起初都是陌生的、有时看起来甚至是矛盾的。

不过,应指出两个要点。如果一个说明满足先前讨论的认识条件,那么,即使其说明前提一时或许一直是陌生的,但最终它们准会成为得到充分证据支持的假定。因此,即使这种说明并没有把陌生的东西还原为最初熟悉的东西,但它仍然是一个

---

① P·W·布里齐曼:《物理学理论的本质》,普林斯顿,1936年版,第63页。

可接受的说明，因为前提牢固地立足于某部分科学共同体已不陌生的证据。其次，虽然说明前提可以利用相当陌生的思想，但这些思想往往显示出与一些概念的重要类比，而这些概念是联系着已熟悉的题材被使用的。这种类比有助于把新东西比作旧东西，避免使新的说明前提样本不为人所知。但对类比在综合性的说明体系的发展中所起的作用的充分论述，我们必须推迟在以后讨论。

第四章　科学定律的逻辑特征

至今只是附带地涉及科学定律或理论所断言的关系的本质，来讨论合适的说明应满足的要求。已暗中假定，定律具有普遍化的条件句形式，在最简单的情况下，这种形式是由“对任意 x，如果 x 是 A，那么 x 是 B”（或者，“所有 A 是 B”）这种格式来表达的。[①]然而，这一点并不意味着具有这一形式的任何真的陈述都是自然律。不管怎样，尽管提出的说明会遵从已经提到的要求，但至少由于两个理由，它们往往因为不能令人满意而遭到拒斥：首先，虽然可以承认一个说明的全称前提是真的，但由于这样那样的理由它们据说不是真正的“定律”；其次，虽然可能承认全称前提具有科学定律的资格，但据说它们不能满足进一步的条件，比如说，作为“因果”律的条件。

例如，假设在回答为什么某颗螺钉 S 生锈这一问题时，一个人被告知史密斯当前的汽车上所有的螺钉都生锈，而 S 是史密斯当前的汽车上的一颗螺钉。由于这一个说明令人极不满意，因而很可能遭到拒斥，这是由于：这个全称前提甚至不是一个自然律，更不用说是一个因果律了。“似定律”的全称陈述（即那些如果为真则有资格称作“自然律”的陈述）和那些并不是“似定律”的全称陈述之间的区分便支持对这个说明的异议。

另一方面，对于一只特定的鸟 b 来说，因为一切乌鸦皆黑，而 b 是一只乌鸦，这样对 b 是黑的这一事实提出的说明，有时根据如下理由而被抛弃，即，即使这个全称前提假定是一个自然

律，但它“实际上”并没有说明何以 b 是黑的。现在，根据对该异议的一个注释，这个说明无疑混淆了两个不同的东西：对 b 是黑的这一事实的说明，并不同于对所有的乌鸦皆黑这一假设定律的说明。这样，对这个异议的一个决定性的反驳很可能是这样的，当这个说明没有说明何以一切乌鸦皆黑时，它确实说明了何以 b 是黑的：因为这个说明至少表明 b 的羽毛的颜色不是 b 的一个特性，而是 b 与任何其他与它一样是一只乌鸦的鸟共同享有的特性。不过，由于这个假设的定律并没有对鸟的颜色给出一个因果的说明，因而也可以认为这个异议表示了对 b 的黑羽毛所提出的说明的不满。

除了已经讨论的那些条件外，这些例子具体地说明了对令

---

① 这个简单的格式是对科学定律的逻辑形式的合适表达，这一假定已在前几章中屡次作出，并且我将使之贯穿全书。然而，采纳这个假定主要是避免出现这种复杂性，这些复杂性具有已认识到的那种不那么简单的、更现实的格式，但它们在很大程度上与这里讨论的主要论点无关。无疑，有许多科学定律的确显示了以上提及的简单的形式结构。不过，也有许多具有更加复杂的逻辑形式的定律，在分析科学中的归纳程序和证实程序的理论基础时，这是一个相当重要的事实，尽管在目前所讨论的情景中，这只有次要的兴趣。

在定律的形式结构中复杂性的一种类型，可通过下列两个例子加以说明。铜被加热就会膨胀这一定律的内容可以更清楚地重新表述为：“对任何 x 和任何 y，如果 x 是铜且 x 在 y 时被加热，那么 x 在 y 时膨胀。”如同在其他条件句（即“如果—那么”表述）中一样，由“如果”引进的句子称为“前提”，由“那么”引进的句子则称为“推论”。这个例子也包含作两个表达式“对任何 x”和“对任何 y”（技术上称为“全称量词”）作为前缀，这与在正文中的简单格式不同，那里只包含一个全称量词。又，“一切生命都源自于先存生命”的这个所谓的“生物起源律”可以表达为：“对任何 x，存在一个 y，使得，如果 x 是一个生命有机体，那么 y 是 x 的一个父辈”，在这种情形中，陈述不仅包含全称量词“对任何 x”，而且也包含称为存在量词的一个表达式“存在一个 y”。从而这个陈述不仅不止包含一个量词，而且量词的类型也不同。大量的定量定律（特别是在理论物理学中）常包含几个量词，而且常具有不同的类型。然而，任何陈述如果不包含至少一个全称量词（通常作为前缀），则通常要把它看作一个定律看来就是不可能的。正是由于这一理由，正文中采用的那个进行简化的假定看来不是一个不幸的过分简单化。

人满意的说明的普遍(虽然是暗中的)接受还须满足的条件，这样它们就要求我们考虑一些据推测把自然律与其他的全称条件句区分开来、把因果律与非因果律区分开来的特点。我们必须考察由这些区分所引起的几个深刻问题。

一、偶然普遍性和规律普遍性

“自然规律”这个叫法(或者类似地称作“科学定律”、“自然律”，或简称“定律”)不是一个在任何经验科学中都得到明确表达的技术术语；人们经常怀着热烈的敬意来使用这个术语，尤其是在日常论述中，但这种使用并非具有精确的涵义。无疑地，有许多陈述被科学共同体的绝大多数成员毫不犹豫地表征为“定律”，正如也有一类更广泛的陈述很难被这样称呼一样。另一方面，科学家们会对许多标以“自然律”之称的陈述表示不同的意见，甚至在一个陈述是否算得上是一个定律上，他们也往往摇摆不定。种种理论陈述显然就属于这种情况，在前一章中我们已提到过这种陈述，有时认为这些理论陈述归根结底只是程序规则，因此毫无真假可言，尽管有人认为它们是自然律的优秀例子。那些含有对特定个体(或若干组这样的个体)之指称的规律性陈述是否值得称为“定律”，对此也存在着有分歧的不同看法。例如，由于行星以椭圆轨道环绕太阳运动这一陈述提到了一个具体的物体，因此有些人已对把这个陈述称为“定律”的恰当性提出了质疑。在对统计规律使用这个称呼上，也产生了类似的分歧；对人类社会行为的均一性的表述(例如，经济学或语言学中研究的那些均一性)是否能合适地称为“定律”，已表示了同样的怀疑。“自然律”这个词项无疑是含糊的。因此，以在似定律和非似定律陈述之间提出一个明显的界限来阐明“自然律”的含

义，这种做法必定是任意的。

因此，在逻辑上试图较为精确地定义自然律，这种不断的尝试就不仅仅是一个徒劳无益的现象了，这种尝试往往立足于一个不言而喻的前提：一个陈述是由于具有这个定义必须明确表达的一个固有“本质”才成为一个定律的。因为“定律”这个词项不仅在其当前的用法上含糊不清，而且其历史涵义已经历了许多变化。我们一定是在随意地把我们满意的任何陈述称为定律。在我们应用这个称呼的方式上经常没有什么一致性，是否把一个陈述称作一个定律，这对这个陈述在科学研究被使用的方式也没有多大影响。不过，对于一类相当大虽然是模糊地界定的全称陈述，是否可使用“定律”这个称呼，科学共同体的成员是相当一致的。因此，如下这个猜测是有一定基础的，即对这个称呼的断言，至少在这种一致性不会出错的情形中，是受那类陈述的“客观”地位和“客观”功能中一种感觉得到的差异支配的。试图给予“自然定律”一个颠扑不破、严格排外的定义，实际上徒劳无益。指明大量的陈述通常借以获得一种特殊地位的一些比较突出的理由，这就不是不合理的。

可以以几种方式揭示似定律全称条件句和非似定律全称条件句之间的明显差异。一种有效的方式取决于首先回想一下现代形式逻辑是以什么方式分析具有全称条件句形式的陈述的。在这点上要注意两点。在现代逻辑中，这种陈述被解释为只是断言：满足该条件句的前件所描述的条件的任何个体也满足——作为一个偶然的事实——其后件所描述的条件。例如，按照这种解释，“所有乌鸦皆黑”这一陈述（通常可以把它改作：“对任何 x，如果 x 是乌鸦，那么 x 是黑的”）只是说：无论在过去、现在还是将来碰巧存在并且满足是一只乌鸦的条件的任何个别事物，事实上也是黑的。这样，也可用如下的等价论断来传

达，这个解释指派给该陈述的涵义，即：过去没有一只乌鸦不是黑的，现在没有这样的乌鸦，将来也没有这样的乌鸦。当以这种方式来解释全称条件句，以致于它们只断言事实题材的联系时，有时说这种全称条件句若干特征的一种“恒定的关联”，只是表示偶然普遍性或事实普遍性。

在这个解释中要注意的第二点是第一点的直接推论。按照这个解释，一个全称条件句是真的，假使不存在什么东西满足在前件中所陈述的条件（在“存在”的整个时间意义上）。这样，如果没有独角兽，那么所有独角兽皆黑；而且，如果没有独角兽，那么所有的独角兽皆红。[①] 因此，按照形式逻辑对全称条件句的解释，一个事实全称条件句，不管其后件的内容如何，如果恰好不存在什么东西满足它的前件，那么，它是真的。这样一个全称条件句被说成“没有内容地”为真（或“没有内容地”得到满足）。

一个自然律所断言的仅仅是偶然普遍性吗？对这个问题的回答一般是否定的。因为经常认为，一个定律所表示的前件和后件之间的联系强于一种事实内容的共存关系。实际上，通常说这种联系包含某种“必然性”要素，尽管这种所谓的必然性是以多种多样的方式来设想的，并以“逻辑的”、“因果的”、“物理的”或“实在的”这种限制性形容词来描绘。[②]论点是：说“铜总是

---

① 从下面这一点来看，这是明显的：如果没有任何 x 以使 x 是一只独角兽，那么显然没有任何 x 以使 x 是一只非黑的独角兽。但按照对全称条件句的标准解释，后一个陈述立即得出下列结论：对任何 x，如果 x 是一只独角兽，那么 x 是黑的。因此，如果没有什么独角兽，那么，所有的独角兽都是黑的。

也可以表明，假使能够对一个全称条件句的后件有意义地断言的每个东西都满足这个后件，那么，不管其前件是什么，这个全称条件句为真。但我们将忽视全称条件的这个特点引起的任何困难。

② 参见A·C·伊文：《唯心主义》，伦敦，1934年，第167页；C·I·刘易斯：《知识和评价的分析》，1946年，第228页；阿瑟·W·伯克斯：“因果命题的逻辑”，《心灵》杂志，第60卷（1951年），第363—382页。

受热膨胀"是一个自然律不只是声称还没有且将来也不会有一段受热时不膨胀的铜。声称那个陈述有资格作为一个定律就是断言,比如说,不仅碰巧不存在这样一块铜,而且这样一块铜的存在是"物理上不可能的"。因此当假定这个陈述是一个自然律时,就是要把它解释为断言:加热任何一块铜"在物理上必然使"其膨胀。通常把以这种方式理解的全称条件句描述为"定律的全称命题"或者"规律全称命题",描述为表达了一种"规律"普遍性。

可以以另一种方式揭示偶然普遍性和规律普遍性之间的区分。假设一块从未被加热的铜 C 引起了我们的注意,那么毁坏它,让它决不会被加热。进一步假设毁坏工作结束之后,有人问我们:如果 C 被加热以后,它是否还会膨胀?我们以肯定的方式作出回答。最后假设,我们被迫给出这个回答的理由。那么,能够提出什么理由呢?可以被普遍接受为是中肯的理由是:"所有铜受热膨胀"这一自然律担保了"要是 C 已经受热,那么它就会膨胀"这一反事实条件句。实际上,大多数人可能走得更远,认为规律全称命题担保了"对任何 x,要是 x 是铜且 x 受热,那么 x 会膨胀"这一虚拟条件句。

事实上,自然律往往被用来为虚拟条件句和反事实条件句辩护,这种应用是一切规律全称命题的特征。而且,定律全称命题的这种功能也暗示,碰巧不存在(在整个时间意义上)满足一个规律条件句的前件的东西,单是这一事实还不足以确立起这个规律条件句的真理。这样,宇宙不含有任何没有受到外力作用的物体,这一假定既不足以证实要是有这样一种物体,那么其速率将保持不变的这一虚拟条件句,又不足以证实没有受到外力作用的每一物体不保持恒常速度这一规律全称命题。

另一方面,"史密斯当前的汽车上所有螺钉皆锈"这个明显是偶然的全称命题,并没有为如下虚拟条件句提供辩护,即:"对

任何 x，如果 x 是史密斯当前的汽车上的螺钉，那么 x 是锈的。”[①] 按照这个事实全称命题的强度，一定没有谁会认为，对于一颗现在放在销售架上的螺钉，如果把它拧到这辆汽车中，那么它是锈的。可以把偶然普遍性和规律普遍性之间的这种明显差异概括为如下准则：定律全称命题“支持”虚拟条件句，而偶然全称命题并不支持虚拟条件句。

二、定律是逻辑上必然的吗？

没有谁会认真地对如下主张提出质疑：在日常的言语和实际活动中，人们也认识到了某种与“偶然”普遍性和“规律”普遍性这两个称呼所命名的区分相类似的东西。引起争论的问题是：业已指出的这种明显差异是否要求把与定律全称命题相联系的“必然性”接受为某种“基本的”东西，或者，是否可以按照一些并不太难理解的概念来阐明规律普遍性。如同所做的那样，如果把这种必然性解释为逻辑必然性的一种形式，那么在这个含义上，“必然性”的意义是相当明白的；实际上，逻辑理论为这种必然性提供了一个系统而又得到普遍接受的分析。因此，虽然规律全称命题是逻辑上必然的观点面临严重困难，正如立刻就要指出的那样，但是这种观点至少具有清楚明晰的优点。另一方面，认为定律全称命题的必然性是独特的、根本上不可作进一步的分析的那些人则设定了一个其本性实质上是含糊的性质。“物理必然性”或“真实

① 不要把这个虚拟条件句解释为说：如果任何螺钉等同于史密斯的汽车上的一颗螺钉，那么它是锈的。如果确实史密斯汽车上的所有螺钉都是锈的，那么，后一个虚拟条件句明显为真。要把正文中的这个虚拟条件句理解为是说：对任何对象 x ——不论 x 是否与史密斯汽车上的一颗螺钉等同——如果 x 是那辆汽车上的一颗螺钉，那么 x 是锈的。

的必然性"这样一些称谓只是命名而不是阐明了这种含糊性。而且,由于人们普遍假设只有通过某种"直观领悟",才能认识到这种所谓的特殊形式的必然性,从而预告这种必然性(不论是陈述的必然性还是事件之间关系的必然性)服从种种稀奇古怪的直观判断。的确,对定律全称命题进行明确刻划的这种必然性实际上可能是独一无二的、不可分析的,但由于业已指出的理由,看来可取的是把这个结论接受为一个只是最终凭借的手段。

通常已经提出一个观点:定律全称命题一般地简述了一种逻辑必然性,因果定律特殊地阐述了一种逻辑必然性。然而,那些采纳这个看法的人通常并不主张,在每一种情形下事实上都能确立起规律全称命题的逻辑必然性。他们只是坚决主张真正的规律全称命题是逻辑上必然的,并且"原则上"能够被证明是逻辑上必然的,即使通常缺乏对这种必然性的论证。例如,在讨论因果性的本质时,一位当代的作者认为,"原因逻辑上是以这样一种方式来衍推结果的,以致即使没有通过以前的经验了解到类似原因的结果是什么,仅从对这个原因的考察中,就可以比较透彻地明白这个原因会产生什么结果,这在原则上是可能的"。[1] 在一些情形中,这种观点立足于对至少一些规律全称命题的逻辑必然性的所谓直接感知。按照这一假定:所有其他规律因而也必定享有这一特征;在其他情形中,采纳这种观点是由于认为科学归纳的有效性取决于它;[2] 至少有一个这种见解的

---

① A·C·伊文:"机械因果性和目的论因果性",《亚里士多德学会》增刊,第14卷(1935年),第66页以下。也见G·F·斯托特:"如果我们对实际发生的事件有充分广泛和精确的知识,我们就该明白结果是怎样及为什么具有逻辑必然性地跟随着原因。"——《亚里士多德学会》增刊,第14卷(1935年),第46页。

② A·C·伊文:"机械因果性和目的论因果性",《亚里士多德学会》增刊,第14卷(1935年),第77页。

倡导者坦率地承认，对这个见解的给人印象至深的论证就是对任何其他可能观点的异议。[1]

不过，这个见解面临的困难是可怕的。首先，在各门实证科学中，没有任何一个一般称为定律的陈述实际上是逻辑必然的，由于可以证明其形式的否定不是自相矛盾的。因此，时下讨论的这种观点的倡导者要么拒绝所有这些陈述，因为它们不是"真正"定律的实例（这样就会认为在任何经验科学中都还没有发现定律），要么拒斥这种证明，即这些陈述不是逻辑上必然的（这样就向已确立起来的逻辑证明技术的有效性挑战）。对这两种二难推理的鼓吹都不吸引人。其次，如果自然律是逻辑上必然的，则每当为一个假定的定律寻求实验证据和观察证据时，实证科学都是在从事一项不协调的工作。适合于证实一个陈述是逻辑上必然的陈述的程序，是以数学方法来构造一个论证性证明的程序，不是进行实验的程序。今天还没有谁知道哥德巴赫猜想（每一个奇数是两个素数之和）是不是逻辑必然的；也没有哪一位想理解这个问题的人试图通过做物理实验来证实这个猜想的逻辑必然性。然而，提议说当一个得到确认的物理定律（例如，关于光的物理定律）受到怀疑时，物理学家应该像数学家那样着手工作，这简直是一个幻想。最后，尽管不知道那些被信以为是自然律的陈述是逻辑上必然的，但它们在科学中仍成功地起着赋与它们的作用。因此，认为如果那些陈述不是逻辑上必然的，它们就不可能从事它们明显地在履行的任务，这毫无道理。例如，称为阿基米德浮力定律的陈述能够使我们明白和预言众多的现象，即使有一些出色的理由相信这个定律不是逻辑上必然的。但定律确实必须是逻辑上必然的假定并不是从如下事实推

---

① C·D·布罗德：《亚里士多德学会》增刊，第14卷（1935年），第94页。

出的:这个定律被成功地用于进行说明和预言。因此,这个假定设定了一个在该定律的实际使用中不起着任何可辨别的作用的特点。

不过,不难理解自然律为什么有时似乎是逻辑上必然的。因为一个给定的命题可以与相当不同的意义联系起来,以致当它在一个情形中被用来表示一个逻辑上偶然的真理时,在另个情形中同样的命题可以陈述逻辑上必然的东西。例如,有一个时候铜是根据不包括其电学性质的那些性质来加以鉴定的。在发现电以后,根据实验,"铜是优良的导电体"这一命题就被断言为一个自然律。而最后,高导电性被接受为铜的规定性属性,结果"铜是优良的导电体"这一命题获得了一个新的用法和意义。在其新的用法中,这个命题,不再像以前那样只被表达为逻辑上偶然的真理,而是认为它传达了一个逻辑上必然的真理。毫无疑问,没有截然分明的界限把那些不通过导电性来鉴定铜的情形与那些认为高导电性是铜的"本性"的情形区分开来。因此,"铜是优良的导电体"这一命题所断言的东西的地位不总是很清楚,这样,就很容易把这一命题在一个情形中所作出的断言的逻辑特性混淆起来。[①] 同一命题可以有不同的用法,这一事实说

---

① 另一个例子有助于把这一点弄得更清楚。在如下形式中来考虑杠杆定律:在一条中点被悬挂起来的刚性杆的末端,放置相等的重量,杠杆处于平衡;假设在该定律的陈述中所使用的一切表达式都不是以涉及到有关杠杆行为之假定的方式来定义的。按照这个假设,这个陈述显然是一个经验定律,不是一个逻辑上必然的陈述。另一方面,当把两个物体置于杠杆的等臂的端点时,如果杠杆处于平衡状态,那么把这两个物体定义为在重量上相等。在采纳"重量的相等性"的一个定义的情形中,关于杠杆的上述命题不能没有自相矛盾地被否认,以致于它并不是表示一个与实验证据有关的经验定律,而是陈述一个逻辑上必然的真理。那种似乎陈述了定律,但实际上是用来作为定义的命题通常被称为"约定";这种约定的作用以及它们与定律的关系将在以后得到更详细的讨论。

明了为什么在许多思想家看来，自然律是逻辑上必然的观点是如此似然。它也暗示了对这一观点的任何取舍都是荒谬的这一信念的来源，这个信念出现在如下这种宣言中："我不能把任何意义赋予结果不是必然地决定下来的因果关系，我不能把任何意义赋予这样一个必然决定——它使得一个必然决定下来的事件完全有可能有所不同，而又不与其自身的本质相矛盾或与决定它的那个东西的本质相矛盾。"① 但无论如何，作为知识发展的结果，命题所经受的意义的转变，是综合性的说明体系发展中的一个重要特点，也是在随后的几章中将得到进一步关注的特点。

自从休谟按照不变的连接或事实上的一致性对因果陈述进行分析以来，关于规律全称命题的表面上的必然性之本质的问题，已令许多思想家殚思竭虑。不考虑休谟对那些据说是因果地相联系的事件的时空关系所进行的说明的重要细节，休谟见解的本质简单来说是这样的。这个陈述——一个特定的事件 C 是另一个事件 e 的原因——的客观内容是：c 是性质 C 的一个实例，e 是性质 E 的一个实例（这些性质可能相当复杂），任何 C 事实上也就是 E。据此分析，据说对 c 与 e 的关系进行刻划的这一"必然性"并不存在于事件本身的客观联系中。这种必然性是在别处——在休谟看来，它是在作为 C 和 E 的这种一致的、

---

① A·C·伊文，文献出自脚注 5。正是通过一个省略号，结果才说成是从原因推出的，因为从"一个确认的原因已经发生"这一陈述逻辑上推不出关于一个相应的结果发生的陈述。为了推出关于结果的陈述，必须用一个普遍定律来补充关于原因的陈述。于是，"一个给定的弹子球与第二个球相碰撞"这一陈述逻辑上并不衍推任何关于第二个球所发生情况的陈述。只有当把某个定律（如动量守恒定律）补充给初始陈述时，才能推出进一步的陈述。因此，关于原因的陈述逻辑上蕴含关于结果的陈述这个论点，是把在一组说明前提和被说明项之间拥有的逻辑必然性关系与包含在那些前提中的定律所确认的偶然关系混淆起来的结果。

事实上的连接的结果而发展起来的某些期望习惯中。

休谟对因果必然性的论述已多次受到批判，这种批判部分基于这一理由：休谟的论述是立足于一种可疑的心理学；这种批判的价值现在已得到公认。然而，休谟在心理学方面的先人之见对于他的这一中心论点来说并不是必不可少的，这就是：勿须使用像“物理必然性”或“物理可能性”这种不可还原的模态概念就能阐明定律全称命题。因此，目前对休谟的这一分析的大量批评的要点是，对规律全称命题的任何合适的分析不可避免地要使用这些模态范畴。这个问题还没有得到解决，且继续引起争论；与此相关的一些问题已慢慢地在一个高度技术性的层次上得到讨论。考察大多数这种技术细节不是有益的，① 需要加以发展的只是对规律普遍性的一个本质上是休谟式的解释的纲要。

三、规律普遍性的本质

由于这个目的，让我们来考虑，如果给全称条件句（如以上说明的那样，是以现代形式逻辑的方式来解释这些全称条件句的）施加一些逻辑要求和认识要求，那么是不是可以合理地把满足这些要求的条件句看作似定律陈述。通过把一个显然是偶然

---

① 一些技术细节只是根据一个看来并不合理的假定才是相关的。这个隐含的假定是：由于没有把某些模态概念采纳为根本的，这样，如果要获得对规律普遍性的合适说明，那就必须把每个全称定律处理为一个单元，并表明可以把它翻译成为一个恰当地构造出来、而且也可以被处理为一个完整单元的事实全称命题。但对这个假定确实有一个取舍，那就是对规律全称命题的这样一种解释，这种解释是通过指出事实全称命题被接受为定律全称命题的一些逻辑条件和认知条件而得到的。而且，一些技术细节是由这一目的产生的，即要排除在理论上有可能产生、即使在科学实践中很难产生的每一个可能的“古怪”情形。

的全称命题("史密斯当前的汽车上的所有螺钉皆生锈",或用这种扩展形式"对每一个 x,如果 x 在时期 a 是史密斯的汽车上的一颗螺钉,那么 x 在 a 期间是锈的,"这里 a 表示某个确定时期)与一个公认的定律全称命题的例子("铜皆受热膨胀",或更明确地,"对任何 x 和任何 t,如果 x 是铜且 x 在 t 时受热,那么 x 在 t 时膨胀")进行比较而开始进行讨论,那将是有益的。

1. 我们可能会碰到的第一件事就是,偶然全称命题含有对一个特定的个别对象和一个确定日期或时期的指谓,而规律全称命题则不然。这种差异是决定性的吗?要是我们不想把通常这样来分类的一些陈述——例如,开普勒行星运动定律,或甚至真空中的光速是每秒 30 万公里这一陈述——算入自然律那有多好!因为开普勒定律提到太阳(例如,开普勒三定律的第一个定律断言,行星以椭圆轨道绕太阳运动,太阳是每个椭圆轨道的一个焦点);而关于光速的定律则隐含地提到了地球,这是由于使用的时间单位和长度单位都是参考地球的尺度及其旋转周期来定义的。虽然我们可以把这种陈述排除在定律这个类之外,但这样做是十分任意的。而且,拒绝把这种陈述作为定律会导致这一结论:如果这一建议(将在第十一章中得到更充分的讨论)——那些被整理为定律的依赖关系陈述会逐渐发生变化——有一定价值的话,那么就几乎没有什么定律了。据此建议,不同的宇宙时期是由自然中的不同规律来表征的,以致于对一个规律性进行合适表述的每个陈述,都必须包含对某个特定时期的指谓。然而,如果人们发现在一个陈述中一个专名的出现与该陈述作为一个规律全称命题不相容,那么这些人就不会把含有这样一个指谓的陈述算作定律。

在对似定律陈述的几个当前的讨论中,已经有人提出战胜

这个困难的一种方式。首先,在那些是“纯性质”的谓词和那些不是“纯性质”的谓词之间引入一个区分,这里,说一个谓词是纯性质的,如果“关于其意义的一个陈述勿需指称任何特定的对象或时空位置”。[1] 因而,“铜”和“较大的电流强度”是纯性质的谓词的例子,而“月球的”和“比太阳大”则不然。其次,在“基本的”似定律陈述和“引申的”似定律陈述之间引入一个区分。大致说来,如果一个全称条件句不包含任何个别名称(或“个别常量”),并且它的一切谓词都是纯性质谓词,那么它是基本全称条件句;如果一个全称条件句是某组基本似定律陈述的逻辑推理,则说它是引申的;最后,如果一个全称条件句不是基本的就是引申的,则说它是似定律全称条件句。因此,如果开普勒陈述是可能为真的基本定律(例如牛顿理论)的逻辑推理,那么它们可以算作自然律。

表面看来,这里提出的解释是最吸引人的,而且它反映了当代物理学中一个不容置疑的倾向,即要完全按照性质谓词来表述它的基本假定。不过这个提议陷入了两个尚未得到解决的困难。首先,恰好有时把含有非纯性质谓词的全称条件句称为定律,即使还不知道它们是逻辑上从某一组基本定律中推出的。例如,在牛顿时代之前,开普勒定律就是这种情况;如果我们把“行星都以同一方向绕太阳旋转”这个陈述称为定律,这就是现在见到的情况。但其次,远远还不能确定的是,甚至现在是不是只从一些基本定律就能在逻辑上推出开普勒陈述这样的陈述(正如时下讨论的提议所要求的那样,如果要把那些陈述划分为定律的话)。只是通过以不变项代替在牛顿力学和引力理论中

---

① 卡尔·G·亨普尔和保尔·奥本海姆:“说明逻辑之研究”,《科学哲学》,第15卷(1948年),第156页。

出现的变量，而不使用那些其谓词不是纯性质谓词的附加前提，看来是无法从牛顿力学和引力理论中推出开普勒定律的。倘若如此，那么这里提出的解释就会从似定律陈述这个类中排除掉无数多的被公认为是定律的陈述。[①] 因此，这里提出的解释限制性实际上太强，不能公平对待把一个陈述表征为自然律的一些重要理由。

因此，让我们比较一下偶然全称命题的两个典范：一个是，"对任何 x，如果 x 在时期 a 是史密斯的汽车上的一颗螺钉，那么在 a 期间 x 是锈的"，另一个是开普勒第一定律——"所有行星以椭圆轨道绕太阳运动，太阳是每个轨道的一个焦点"(或按这种可比较的逻辑形式："对任何 x 和任何充分长的时间间隔 t，如果 x 是一颗行星，那么 x 在时间 t 以椭圆轨道绕太阳运动且太阳处于这个轨道的一个焦点上")。这两个陈述都包含个别名称，包含那些不是纯性质谓词的谓词。不过，二者之间有一差别。在这个偶然全称命题中，使"在时期 a 生锈"这个谓词得到证实的对象(有时我们把这类对象称为这个全称命题的"论域")被严格地限制到那些属于一个特定的时空区域的事物。在这个似定律陈述中，较为复杂的谓词"在时间间隔 t 以椭圆轨道运动而且太阳位于这个轨道的一个焦点上"的论域就不这样受到限

---

① 另一方面，如果人们放松一下这一要求，即引申定律得以被推导出的一切前提都必须是根本前提，那么这种明显的非似定律陈述(如关于史密斯汽车上的螺钉的陈述)就必须算作定律。这样就可以从"暴露于氧气中的铁螺钉生锈"这个大概算是根本的定律，加上"史密斯当前的汽车上的螺钉都是铁的，且已经暴露于氧气中"这个前提中推出该陈述。

实际上可以从牛顿理论推出：在平方反比律作用下的一个物体将在一个轨道上运动，这个轨道是以向心力源作为其焦点的圆锥曲线。但为了引出进一步的结论：这个圆锥曲线是一个椭圆，额外的前提——陈述行星和太阳的相对质量和相对速度的前提——看来是不可避免的。这个事实是怀疑开普勒定律可以从只含有根本定律的前提中推导出来的一个理由。

制:不要求行星及其轨道处于某一固定的空间领域或者某一固定的时间间隔。为了方便起见,我们把其论域不局限于那些属于一个固定的空间区域或一个特定的时期的对象的全称命题称为"非限制性全称命题"。要求似定律陈述应该是非限制性全称命题,这看来是合理的。

然而,必须指出,一个全称条件句是不是限制性的,不能总是根据用于陈述这个条件句的该语句的纯语法(或纯句法)结构决定,即使语法结构经常是一个合理的、安全的指南。例如,有人可能会杜撰"斑疤螺钉"这个词来取代"在时期 a 史密斯的汽车上的螺钉"这个表达式,然后以"所有斑疤螺钉皆生锈"提出这个偶然全称命题。但这个新语句的句法结构并未表明它的论域局限于那些只是在一个有限的时期满足一个既定条件的对象。因此,在决定该语句所传达的陈述是不是限制性全称命题时,必须假定对出现在这个语句中的表达式的用法或意义有所了解。也必须指出,虽然一个全称条件句是非限制性的,但它的论域实际上可能是有限的。另一方面,虽然论域是有限的,但论域是有限的这个事实必定不能从全称条件句中那些对论域进行表达的词项推出,因此必须根据独立的经验证据加以确立。例如,虽然已知行星的数目是有限的,虽然我们有某些证据相信行星绕太阳旋转(不管是在过去还是在遥远的未来)的次数也是有限的,但这些事实无法从开普勒第一定律推出。

2. 虽然往往把非限制性普遍性看作一个陈述是一个定律的必要条件,但那不是一个充分条件。一个非限制性全称条件句可能为真,只是因为它没有内容地为真(即没有什么东西满足其前件)。但如果只是由于这个理由而接受这种条件句,那么人们就不可能把它列入自然律。例如,如果我们假定(正如我们有充分理由假定的那样)没有独角兽,那么逻辑规则就要

求我们也把如下语句接受为真的，即：一切独角兽都是步兵。尽管这样，然而，甚至对形式逻辑了如指掌的人们在把以上陈述划分为自然律方面也会犹豫不决——尤其是因为逻辑也要求我们根据同样的初始假定把一切独角兽都是缓慢的长跑运动员这一陈述接受为真。如果一个全称条件句因为没有内容地为真而被称为定律，那么，绝大多数人事实上就会认为那至多是一个适度的笑话。支持这点的理由在于定律通常所构成的应用中好的那一部分：说明现象和其他定律，预言事件，以及一般地在研究中充当进行推理的手段。但如果一个全称条件句只是由于没有内容地为真的而得到接受，那么也就没有什么东西能够应用于它，这样它就不能履行我们指望定律能够履行的推理功能。

因此，对于一个全称条件句来说，如果我们不知道至少存在着一个对象满足其前提，那么不把它称作定律，这看来是合理的。然而，这个要求限制性又太强了，因为我们不总是能够了解这么多，即使我们准备把一个陈述称为定律。例如，我们也许不知道是不是存在着处于零下 270℃ 的铜线，但我们愿意把“一切铜线在零下 270℃ 时是优良的导电体”这一陈述表征为定律。但一旦我们把这个陈述接受为定律，我们是凭什么证据接受它呢？由假设，由于我们已经假定我们不知道是否在接近绝对零度时还存在着铜线，因而我们也就无法对这样的铜线进行实验，这样我们就没有直接的证据支持它。证据因此必定是间接的：把这个陈述接受为一个定律，大概因为它是含有某种证据的某个其他假设定律的推理。例如，这个陈述是如下明显定律的推理：一切铜都是优良的导电体。这个定律得到了大量证据的支持。因此我们可以把在把一个非限制性全称命题划分为自然律时隐含的一个额外要求表述为：一个非限制性全称命题的没有

内容的真实性不是把它算作一个定律的充分条件;只有当存在着一组其他假设定律,据此可以在逻辑上推出这个全称命题时,这个全称命题才能算作一个定律。

那种其前件被认为得不到宇宙中什么东西满足的非限制性全称命题,由此获得了它们作为定律的资格,因为它们是一个在演绎上关联的定律系统的一个部分,并且得到了支持该系统的经验证据的支持——这种经验证据经常范围广泛,形式多样。不过,进行如下询问那是中肯的:即使一个全称陈述得到这种支持,如果它也被断言是没有内容地为真的,那么为什么还把它们划分为一个定律呢?对于这样一个断言,现在存在着两个可能的理由。一个是:还没有发现满足这个定律的前件的实例,即使总是在对这种实例进行不懈的探求。虽然这种否定性的证据有时令人印象深刻,但由于这种实例毕竟可以在受忽视的地方或者在特殊的情况下出现,因而这种否定性的证据往往就不是决断性的。于是定律可以被用来推算如下猜测的逻辑推理,即在某个未被探索的领域或者在设想的条件下,事实上存在着肯定性的实例。因而这种推算会暗示如何才能缩小对肯定性的实例作进一步的探求的领域,或者暗示为了产生这种实例应采取什么实验处理。相信一个定律是没有内容地为真的第二个,也是更有决断性的理由大致是这样一个证明:假定存在着该定律的任何肯定性的实例,这在逻辑上与属于该系统的其他定律不相容。没有内容地为真的定律实际上是无用的,它可能代表一堆毫无生气的东西,因为并不充当推理功能。另一方面,如果用来证实这个没有内容的真理的定律本身是可疑的,则明显地没有内容为真的定律就可以用来作为获得那些定律的进一步的关键证据的基础。没有内容地为真的定律无疑还有其他可以设想的用处。这里的要点是:除非它们确有某种用处,否则它们便不可

能包含在经过整理的知识体系中。

在这方面还需稍稍注意一个更深的问题。经常认为物理学(以及其他学科如经济学)中的一些定律——至少暂时被接受为基本定律——已知是没有内容地为真的。因此,目前的论述看来并不合适,因为非限制性全称命题被称为"定律",尽管它们不是从其他定律推出的。这种没有内容地为真的基本定律的一个熟悉的例子是牛顿第一定律,按照这个定律,没有外力作用下的物体保持恒定的速度;常见的主张是实际上不存在这样的物体,由于这个假定与牛顿引力理论不相容。关于这个例子,在此不必说得太多,因为在后一章中它将得到更多的注意。但立即可以提出两点。即使允准牛顿第一定律是没有内容地为真的这一主张,但这不是把它接受为一个定律的理由。那么为什么还接受它呢?撇开如何解释牛顿的这个陈述的问题(即不管它实际上是不是对物体在没有外力作用下的行为的规定性陈述),也撇开是不是可以从某个其他的假设定律(如牛顿第二定律)把它推导出来的问题,对其用法的考察表明,当按照运动的矢量成分来分析物体的运动时,在没有有效的力作用于物体的方向上,物体的速度是常量。总之,声称这个定律没有内容地为真,那是过分简单化了;因为该定律是一个定律系统的要素,而对这个定律系统,一定存在着起确证性的实例。更一般地说,如果一个"基本"定律没有内容地被满足,那么要理解它在包含它的这个定律系统中有什么用处,那将是困难的。

3. 假定够得上"自然律"这个称呼的候选者还必须满足另一个条件,这是合理的,这个条件在上述考虑中已得到暗示。除了关于史密斯当前的汽车上生锈的螺钉的这个典型的偶然全称命题不是非限制性全称命题这一事实外,它还显示了一个更深的特点。那个全称条件句(称之为 S)可以被解释为是对诸陈述

的一个有限合取进行断言的简明方式，这里，每个合取项是关于一类有限的螺钉中的一颗特定螺钉的陈述。这样，S 等价于如下合取："如果 S_1 在 a 期间是史密斯的汽车上的一颗螺钉，那么 S_1 在 a 期间是锈的；如果 S_2 在 a 期间是史密斯的汽车上的一颗螺钉，那么 S_2 在 a 期间是锈的，……，如果 S_n 在 a 期间是史密斯的汽车上的一颗螺钉，那么 S_n 在 a 期间是锈的"，这里 n 是某个有限数目。因此，可以通过证实形如"Si 在 a 期间是史密斯的汽车上的一颗螺钉，且 Si 在 a 期间是锈的"的一个有限数目的陈述的真，来证实 S 的真。

因此，如果我们接受 S，这只是因为我们已经检验了一些确定数目的螺钉，对于这些螺钉，我们有理由相信它们已穷尽了 S 的论域。如果我们有理由怀疑已检验过的螺钉并未穷尽史密斯的汽车上的份额，而且在史密斯的汽车上还有不定数目的螺钉尚未检验，那么，我们不能断言 S 为真。因为在断言 S 时，我们实际上是在说，已被检验过的每个螺钉都是锈的，且已经检验过的螺钉是史密斯的汽车上的所有螺钉。然而，重要的是不要误解正在强调的这一点。首先，S 可以被接受为真，不是因为已发现史密斯的汽车上的每颗螺钉都是锈的，而是因为 S 是从其他的一些假定中推导出来的。例如，我们可以从以下前提中演绎出 S，这些前提是：史密斯当前的汽车上的所有螺钉都是铁做的，它们已经暴露于自由氧中，而铁由于氧的存在总要生锈。但甚至在这一情形中，对 S 的接受取决于我们已经证实了具有如下形式的确定数目的陈述，即"Si 是史密斯的汽车上的一颗铁螺钉，且 Si 已经暴露于自由氧中"，这里被检验的螺钉穷尽了 S 的应用范围。其次，我们可以根据如下理由接受 S：我们只检查史密斯的汽车上的螺钉的"适量的样品"，我们已经从在样品中观察到的螺钉的特征，推出未被检查的螺钉的特性。但这儿有一

个推理预设:样品中的螺钉来自于这样一个螺钉的类,这个类是完全的、而且不再加以补充。例如,我们假定没有谁会从这辆汽车上取下一颗螺钉,换上另一颗螺钉,或者没有谁会在这辆汽车上钻一个新孔,拧上一颗新螺钉。根据我们在样品中发现的东西,如果我们把S接受为真的,那么我们这样做,部分是因为我们假定已经从一堆螺钉中得到这个样品,而这堆螺钉在S中提到的这个时期内既不增加又不改变。

另一方面,对于那些称为定律的陈述得以被接受的证据来说,似乎没有作出类似的假定。于是,虽然铁出现在自由氧中会生锈这个定律,曾经完全立足于经过检查暴露在氧气中的数量有限的铁物体而得到的证据,但没有假定该证据穷尽了这个定律的论域。然而,如果已有理由假设这些数目有限的对象穷尽了暴露于氧气中的业已存在或将来会存在的铁物体的类,那么,是否应把这个全称条件句称为定律,那就值得怀疑了。恰恰相反,如果认为观察到的这种情形穷尽了这个条件句的应用范围,那么很可能只能把这个陈述划分为历史报告。在把一个陈述称为一个定律时,我们显然至少是在暗中断言:就我们所知,检查过的这个陈述的实例并未穷举其实例的种类。因此,对于一个要被称为定律的非限制性全称命题,一个合理的要求是:不知道其证据与其论域吻合,而且,不知道其论域对任何进一步的增补是封闭的。

在称为定律的陈述通常得来的推理应用中,又发现了这个要求的理论基础。这种陈述的基本功能是进行说明和预言。但如果一个陈述实际上只是断言其证据所断言的东西,那么,当我们采用这个陈述来说明或预言这个证据中含有的东西时,我们就显得有些荒唐;而当我们用它来说明或预言这个证据中不含有的东西时,我们又不一致了。因而把一个陈述称作一个定律

不仅仅是说：这个陈述大概是一个真的非限制性全称命题。把一个陈述称作一个定律，那就是要赋予它某一功能，因此实际上是说，它所立足的证据按假定并不构成它的整个论域。

对于某一类通常没有被划分为定律，但表面上满足先前讨论的要求的捏造出来的陈述来说，要否认其"定律"的资格，这个要求看来是充分的。考虑这个陈述："首先看见活人的视网膜的所有人对于能量守恒原理的确立有贡献。"让我们假定这个陈述不是没有内容地为真的，并且假定它是一个非限制性全称命题，这样可以把它转译为"对任何 x 和任何 t，如果 x 是在时刻 t 看见活人的视网膜的人，而且在 t 之前的任何时刻没有谁看见一个活人的视网膜，那么 x 对能量守恒定律的确立有贡献"。[①] 每个人只要回忆一下科学史，就会想起赫尔姆霍茨，他既是第一个看见活人的视网膜的人，又是能量守恒原理的奠基者之一。因此，以上陈述为真，并且，按假设，它满足非限制性普遍性的要求。因此，以上陈述是一个真陈述，它满足非限制性普遍性要求。不过，假定绝大多数人都不喜欢把它称为定律，这是合理的。我们只要考查一下为了确立起这一陈述而需要的证据，那么不愿接受该陈述定律的理由就会变得很清楚。为了证实它是一个真陈述，只要表明这一点就够了：赫尔姆霍茨的确是第一个看见活人的视网膜的人，并且他的确对建立能量守恒原理有贡献。然而，如果赫尔姆霍茨是如此这样的一个人，那么，就这一情形的本质而论，逻辑上就不可能有另一个人满足上述陈述的前件所描述的条件。简言之，在这一情形中，我们知道借以接受该陈述的证据是与该陈述的论域相吻合的。这个陈述对于说明

① 汉斯·赖兴巴赫：《规律陈述和可允许的操作》，阿姆斯特丹，1954 年，第 35 页。

或预言那些不包含在这个证据中的东西是无用的,因此不能给予它一个自然律的资格。

4. 关于那些通常称为定律的陈述,还须指出更进一步的一点,在这方面,虽然要表述似定律陈述总是必须满足的一个"要求"这样的东西,有些困难。这一点既与定律在我们的知识体系中的地位有关,又与我们经常对待定律的认知态度有关。

按照我们可以把一个陈述 L 称为定律的证据的强度,证据可以分为"直接"证据或"间接"证据。(a)在如下熟悉的意义上,证据是"直接"证据,即证据是由属于 L 的论域的实例组成的,这里所有经过检查的实例具有由 L 断言具有的性质。例如,对于铜受热膨胀这一定律来说,直接证据是由受热时膨胀的铜线的长度提供的。(b)在两个意义上 L 的证据是间接的。从某一个(或某些)更普遍的定律 M,可以共同推出 L 以及一些其他的定律 L_1、L_2 等,这样,支持这些其他定律的直接证据可以算作支持 L 的(间接)证据。例如,单摆的周期与其长度的平方根成正比这一定律,以及自由落体所通过的距离与其下落时间的平方成正比这一定律,都是共同地从牛顿力学假定中推出的,这样,往往把前者的直接确证证据算作后者的确证证据,虽然只是"间接的"确证证据。然而,在一个略有不同的意义上,可以把 L 的证据看作"间接的",即可以把 L 与种种的专门假定结合起来得出其他定律——这里,每一个其他定律都具有一个独特的论域,这样这些导出定律的直接证据可以算作 L 的"间接"证据。例如,当牛顿运动定律与种种专门假定相结合时,可以演绎出开普勒定律、单摆周期定律、自由落体定律,以及关于旋转体形状的定律。因此,这些导出定律的直接证据充当了牛顿定律的间接证据。

现在假设,当 L 的一些证据是直接证据时,L 也有大量的间

接证据(在每一个“间接的”意义上)。但又假设L可以遇到一些明显例外。虽然有所例外,不过我们很不愿意放弃L,这至少有两个理由。首先,L的直接确证性证据和间接确证性证据结合起来可以压过那些表面上是否定性的证据。其次,由于L与其他定律的关系以及与后者的证据的关系,L并不是孤立的,相反,其命运影响它所属的那个定律系统的命运。因此,对L的拒斥就要求对我们知识的某些部分进行认真的重组。然而这种重组不一定行得通,因为还不能顷刻就得到对这个迄今合适的系统进行取代的合适对象;通过重新解释L的明显例外,或许能避免进行重组,这样那些例外被解释为毕竟不是“真正的”例外。在那种情形中,L和它所属的系统都得到“拯救”,即使对该定律仍然有表面上否定性的证据。当一个定律的表面上的失败被分析为是处理实验时的粗心大意或不够熟练的结果时,这一点就得到了解释。但还可以通过一些印象更深的例子来阐明这一点。于是,能量守恒定律(或原理)受到关于β射线衰变的实验的严重挑战,这个实验的结果是不容置否的。不过,这个定律还是没有被放弃,为了使该定律与实验数据相吻合,假设存在着一种新的实体(称之为“中微子”)。这个假定的理论基础是:拒斥能量守恒定律会剥夺我们大部分物理知识的系统的连贯性。另一方面,最近已经拒斥了量子力学中的宇称守恒定律(这个定律断言,比如说,在某种类型的反应中,沿一个方向取向的原子核,与在对立方向上取向的原子核一样,辐射具有同样强度的β粒子),即使开始只有不多的几个实验指出这个定律并不普遍有效。能量守恒定律和宇称守恒定律之间这种显著的命运上的差别,是这些假定在特定时间在物理知识体系中占据不同位置的标志,是在那一个时期,放弃前者比拒斥后者结果会引起更大的理智混乱的标志。

更一般地说，我们通常准备放弃一个假设的定律——对于这个定律来说，证据完全是直接证据，而且已发现了对它的明显例外。的确，对于一个全称条件句L来说，如果L的唯一可得到的证据是直接证据，则往往极不愿意把L称为自然律，即使它满足已讨论过的种种条件。假设L具有"一切A是B"这种形式，如果有一类事物C——这种事物不是A但在某些重要的方面被认为类似于A——以致于当C的一些成员有性质B，而且B不总是表征了C的成员时，则更有可能拒绝把L称为"定律"。例如，虽然一切可得到的证据都证实了"一切乌鸦皆黑"这一陈述，但它似乎没有间接的证据。然而，即使把这个陈述接受为"定律"，如果发现一只鸟是乌鸦但它具有白色的羽毛，那么那些把该陈述称为定律的人大概就会毫不犹豫地把它拒斥为假的，并且收回那一名称。而且，已经了解到羽毛的颜色一般来说是鸟的可变化的特征；实际上已经发现一些种类的鸟，它们在一些生物学上重要的方面与乌鸦相似，但是没有全黑的羽毛。因此，由于缺乏可以据以说明乌鸦的黑颜色的已知定律，相应地缺乏"一切乌鸦皆黑"这一陈述的多方面的间接证据，这样我们对这个陈述的态度，比我们对那些称为定律而且能够给予它们以间接证据的陈述的态度，更不坚定。

面对明显矛盾的证据，这种在我们愿意摒弃一个全称条件句上体现出来的差别，有时在我们在科学推理中使用定律的方式上得到体现。同这一点不相上下，我们已假定定律是用作根据形式逻辑的规则据以引出结论的前提。但是，当认为一个定律得到了充分的证实，且在我们的知识体系中占据一个坚固的位置时，定律本身就可以被用作据以引出推理的经验原则。前提和推理规则之间的这种差异可以在基本的三段论推理中得到解释。按照形式逻辑中被称为遍有遍无公理的规则，一段特定

的电线 a 是一个优良的导电体的结论，可以从如下前提中推出：a是铜，一切铜都是优良的导体。但若我们把这一规则——形如"x是优良的导体的"一个陈述可以从形如"x是铜"的一个陈述推出——接受为一个推理原则，则同一个结论也可以仅从"a是铜"这一前提推出。

表面上来看，这个差别只是一个技术性的差别；从纯形式的立场来看，如果我们采纳一个合适的推理规则来代替一个全称前提，则总有可能排除那个前提而不致使一个演绎论证无效。不过，只有当该全称前提具有了我们不准备摒弃(因为这个全称前提只是偶然才有例外)的一个定律的资格时，往往才把这个技术策略付诸实践。因为当以一个推理规则来取代这种前提时，我们正顺其自然地改变该前提中所采用的一些词项的意义，结果其经验内容便逐渐被吸引进入那些词项的意义中。于是在上述例子中，在具有高导电性不是铜所具有的一个规定性属性这个意义上，铜是优良导体的陈述按假定便是一个事实陈述，这样为了证实这个陈述，就需要经验证据。另一方面，当那个陈述被一个推理规则代替时，多少就倾向于把导电性看作铜的"本质"属性，结果，如果一个物体不是优良导体，就不能把它分类为铜了。如已指出的，这种倾向有助于说明真正的定律表示了逻辑必然性关系的观点。但无论如何，当这种倾向贯穿全程，发现了一种在其他方面类似于铜但导电性极差的物质时，就需要对物质重新进行分类；与此相应，与"铜"这样的词项相联系的意义也要有所修改。这就是为什么只有当一个明显的经验定律得到了如此充实的证实，以致于为了破除它需要势不可挡的证据时，通常才把该定律转变为一个推理规则。因此，为了把一个全称条件句称为一个定律，虽然并不需要我们重新解释明显的否定性证据，以便保留那个陈述作为我们知

识的一个完整部分，但许多陈述被分类为定律，部分是因为我们确实对它们持有这种态度。

四、反事实全称命题

这样，在把一个陈述分类为自然律时，就有4种似乎相关的考虑：(1)与似定律陈述的形式有关的句法上的考虑；(2)一个说明系统中陈述之间的逻辑关系；(3)科学研究中赋予似定律陈述的功能；(4)由于可得到的证据的性质而向一个陈述表明的认知态度。这些考虑是部分重叠的，比如说，因为在一个系统中，一个陈述的逻辑地位与其在研究中的作用有关，与它所能获得的证据有关。此外，这些考虑中所提到的条件对于给陈述贴上"自然律"的标签也不是充分的(或在某种意义上，必要的)。无疑，可以捏造出满足这些条件但一般不被称作定律的陈述，正如也可以找到有时被称为定律但不满足这些条件之一(或几个)的陈述。由于已阐述的理由，这是不可避免的，因为不可能精确地阐述与这个含糊的表达式的每一个用法都相一致的"自然律"的意义。不过，满足这些条件的陈述似乎摆脱了那些对休谟的规律普遍性分析进行批评的人们所提出的异议。这个主张需要某种捍卫；对于与反事实条件的逻辑地位有关的问题，也必须说些东西。

1．当前对休谟的规律普遍性分析的印象最深的批评或许是这个论证：事实全称命题不能支持虚拟条件句。假设我们了解到从来就不存在一只不黑的乌鸦，现在没有任何不黑的乌鸦，将来也没有这样的乌鸦。那么在断言"一切乌鸦皆黑"这个非限制性偶然全称命题S为真时，我们就有了根据。然而，有人已论

证说,S 并不表示我们通常所说的自然律。[1] 因为假设事实上没有任何乌鸦曾经生活或将会生活在极地。但进一步假设我们不知道生活在极地会不会影响乌鸦的颜色,这样,就我们所知,迁徙进入极地的乌鸦的子孙可能会长出白羽毛。因此,虽然 S 是真的,但这个真理可能只是没有任何乌鸦曾生活在极地这个"历史意外"的结果,因此,偶然全称命题 S 并不支持这个虚拟条件句——要是极地居民都是乌鸦,它们就会是黑的;又,按照假设,一个自然律必须支持虚拟条件句,因此 S 不能称作一个定律。总之,非限制性普遍性没有阐明我们用规律普遍性所意指的东西。

虽然这个论证可以证实后一论点,但这并没有推出,由于 S 没能表示一个不可还原的规律普遍性,因此它不是一个自然律。因为尽管假设 S 是真的,但由于至少两个理由,可能会否认 S 具有定律的资格,而这两个理由没有一个与规律必然性问题有关。首先,S 的证据可能与 S 的论域相一致,这样对任何了解那个证据的人来说,S 无法履行希望那些被划分为定律的陈述所履行的功能。其次,虽然假设 S 的证据逻辑上足以证实 S 为真,但这个证据可能完全是直接证据;人们可能拒斥把 S 称为定律,因为只有那些得到间接证据的陈述(这样陈述就可以在我们的知识体系中占据一定的逻辑地位)才值得称为定律。

但是在这一点上,另一个考虑并非就不相关。S 在支持上

---

① 威廉·涅尔:"自然律和反事实条件句",《分析》,第 10 卷(1950 年),第 123 页,也参见 W·涅尔:《概率和归纳》,牛津,1949 年,第 75 页。关于英美最近对规律全称命题、虚拟条件句和反事实条件句进行讨论的动力,参见 R·M·齐泽姆:"反事实条件句",《心灵》,第 55 卷(1946 年),第 289—307 页,以及尼尔逊·古德曼:"反事实条件句问题",《哲学杂志》,第 44 卷(1947 年),第 113—128 页,重印于他的《事实、虚构和预测》,坎布里奇,马萨诸塞州,1955 年。

述虚拟条件句上的失败,是S在一个假设情景中被断言为真、而这些假设本身又使这个虚拟条件句可疑的结果。比如说,S是在没有任何乌鸦居住在极地的知识中被断言的。但已经表明我们对鸟有足够的了解,知道鸟的羽毛的颜色对每一种鸟来说不是不变的。虽然目前我们不知道决定鸟的羽毛的颜色的确切因素,但我们确有理由认为颜色至少部分地取决于鸟的遗传构成;我们也知道某些因素的出现会影响这种构成(比如说高能量的辐射),而在特殊的环境中,这些因素是可以出现的。因此S不支持上述虚拟条件句,不是因为S无法支持任何这种条件句,而是因为受我们支配的整个知识(以及不仅是S本身的证据)并不保证这个特定的条件句。对于"要是极地的任何居民是一只没有受到X射线辐射的乌鸦,那么那只乌鸦是黑的"这一虚拟条件句来说,假设S的确使之有效,这个观点是合理的。

因此,需要指出的一点就是,S是不是支持一个特定的虚拟条件句,不仅取决于S的真实性,而且取决于我们拥有的其他知识——实际上取决于科学研究的状况。为了更清楚地明白这一点,让我们把这里讨论的批评应用于一个普遍算作是自然律的陈述。假设(在整个时间上)不存在不遵守相互吸引的平方反比律的物理对象。这样我们就有资格把这个非限制性全称命题S′断言为真,即:"一切物理对象反比于其相互距离的平方相互吸引"。但也假设宇宙的范围是有限的,没有被比如说大于50万亿光年的距离所分开的物理对象。S′支持这个虚拟句——要是有其相互距离大于50万亿光年的物体,它们就会反比于其相互距离的平方相互吸引——吗?按照现在考虑的这个论证,答案推测起来必然是否定的。但这个答案确实是合理的吗?说没有任何答案是可能的——不管是肯定的还是否定的,除非实际上作出一些进一步的假定,这难道不更合理吗?由于缺乏这些

额外的假定，人们如何判定可能会被给出的任何答案呢？另一方面，如果作出这种进一步的假定，比如说，如果我们假定重力不依赖于宇宙的总质量，那么正确的答案就可能是一个证实性的答案，这不是不可设想的。

因此，总的说来，这里讨论的批评并没有削弱休谟对规律普遍性的分析的基础。然而，这个批评的确使这个重要的论点更加清楚：一个陈述通常被划分为自然律，因为该陈述在某个知识领域的说明系统中占据一个独特的位置，因为该陈述得到了满足某些规格的证据支持。

2．当设计未来或反省过去时，我们往往是通过作出与已知事实相反的假定来处理我们的考虑的。这样我们反省的结果经常就被表述为与事实相反的条件句(或称"反事实条件句")，它们具有这样的形式："要是 a 是 P，那么 b 就会是 Q"，或"要是 a 已经是 P，那么 b 就已经是(或将会是)Q 了"。例如，一位设计实验的物理学家在其计算的某个时刻会断言这个反事实条件句 C："要是单摆的长度缩短到其现有长度的四分之一，其周期就会是其现在周期的一半"。类似地，在试图说明某个先前的实验的失败时，可以想象一位物理学家断言了如下反事实条件句 C′："要是单摆 a 的长度已被缩短到其实际长度的四分之一，其周期就已是其实际周期的一半了"。在这两个条件句中，前件和后件描述那些大概已知是假的推测。

所谓的"反事实条件句问题"就是阐明这种陈述的逻辑结构、分析借以判定其真假之根据的问题。这个问题与阐明规律普遍性概念的问题密切相关。由于只运用形式逻辑的标准的非模态连接词，不能以一种直截了当的方式把一个反事实条件句翻译成为以陈述语气来表达的诸陈述的一个合取。例如，反事实条件句 C′暗中断言单摆 a 的长度实际上并没有缩短到其实际

长度的四分之一。然而，C′不是由如下陈述来表达的：“a 的长度没有缩短到其现有长度的四分之一，如果 a 的长度缩短到其现有长度的四分之一，那么其周期不是其现有周期的一半——这是一个对 C′进行断言的任何人都无法接受的结论。[①] 因此，休谟的规律普遍性分析的批评者已经论证说，一种独特的非逻辑必然性不仅在定律全称命题中涉及到，而且在反事实条件句中也涉及到。

不过，不诉诸任何无法分析的模态概念还是可以合理地阐明反事实条件句的内容。因为对 C′进行断言的物理学家所说的东西可以更清楚虽然也更曲折地表达如下。当把“单摆 a 的长度是其现在长度的四分之一”这一假设与一个单摆的周期正比于其长度的平方根这一定律、以及与一些关于该定律的初始条件的进一步假定(比如说，a 是一个单摆，不计空气阻力)结合起来时，“单摆 a 的周期是其现在周期的一半”这一陈述便可以**在逻辑上**从上述假设**推出**。而且，由于以上提及的假定，虽然这个假设以及从它推出的那个陈述都是假的，但它们的虚假性不包含在这个推导的前提中。因此从那些前提并未推出：如果 a 的长度是其现在长度的四分之一，那么 a 的周期是其现在周期的一半。总之，反事实条件句 C′是在一些假定和特殊假设的某个情景中被断言的；当把这些东西都揭示出来时，引入那些非形式逻辑的模态范畴完全是无益的。更一般地说，可以把一个反事实条件句解释为是作出如下断言的一个隐含的元语言陈述，这个断言就是：该条件句的后件的陈述形式逻辑上是从其前件

---

① 得出这个结论是由于应用了那个制约着“如果—那么”这个连接词的逻辑规则。按照这条规则，形如“如果 S_1，那么 S_2”和形如“如果 S_1，那么非 S_2”的两个陈述都是真的——假设 S_1 是假的，而不管 S_2 是什么。

的陈述形式推出的。当然,这样做必须把这个断言与某个定律、与该定律的不可少的初始条件结合起来。[1]

因此,关于一个特定的反事实条件句是否为真的争论,只有当阐明了该条件句据以立足的假定和假设时,才能得到解决。在一组前提下无疑为真的一个反事实条件句在另一组前提下可能是假的,而在第三组前提下它则可能没有确定的真值。因此,一位物理学家可能会拒斥 C′而支持这一反事实条件句:“要是单摆 a 的周期已缩短到其现在长度的四分之一,则其周期就会有意义地大于其现在周期的一半”。如果他在假定,比如说,这个缩短后的摆的振动弧度大于 60°,如果他采取上述单摆周期定律(该定律只是对振幅相当小的摆断言的)的一个修正形式,则他那样做是受到担保的。一个进行实验设计的新手可能宣称 C′是真的,虽然其中他不仅假定球形摆锤的直径有 3 英寸,而且假定把这个摆装起来的一个器具在缩短后的摆的摆锤中心所占据的位置上有恰好比 3 英寸稍宽 1 厘的口。然而,明显的是 C′现在是假的,因为在所陈述的这些假定下,这个缩短后的摆压根儿就不振动。

一个反事实条件句借以得到断言的种种假定并没有在该条件句本身之中得到阐明。因此,对一个反事实条件句的有效性评价可以极不相同——有时因为我们不知道它得以被断言的假定,有时因为我们心中不清楚我们在作出什么隐含的假定,有时

---

① 虽然在正文中采纳的见解是独立达到的,但它的目前表述得益于在如下一系列文章中表达的观点:亨利·希日:“论反事实条件句的推理含义”,《哲学杂志》,第 48 卷(1951 年),第 586—587 页;朱利叶斯·R·维恩伯格:“反事实条件句”,《哲学杂志》,第 48 卷(1951 年),第 17—22 页;R·M·齐硕姆:“定律陈述和反事实推理”,《分析》,第 15 卷(1955 年),第 97—105 页;约翰·C·库利:“古德曼教授的《事实,虚构和预测》”,《哲学杂志》,第 54 卷(1957 年),第 293—311 页。

因为我们干脆缺乏对我们阐明的假定的逻辑意义进行评价的技能。我们经常面临这些困难，尤其是关于日常事务过程中所断言的反事实条件句，甚至那些在历史学家的著述中所断言的反事实条件句。例如，考虑这个反事实条件句："要是凡尔赛条约还没有向德国强加难以负担的赔偿，希特勒就不会掌权了"。这个断言曾是一个引起争议的断言，不仅因为那些参与其讨论的人采纳不同的明确假定，而且因为绝大多数争论是在没有得到充分阐明的隐含前提的基础上来处理的。不管怎样，一定不可能构造一个普遍的准则，它将规定什么东西恰好被包括进入一个反事实条件句得以被合适地确立起来的假定中。构造这样一个准则的努力一律没有取得成功；把反事实条件句问题看作构造这种准则的问题的那些人，命定是与一个无法解决的问题纠缠在一起了。

五、因 果 律

最后必须谈谈因果律，甚至只是部分地考查一下已赋予"原因"这个词的种种意义，也会是一个徒劳无益的任务——从古代对这个词的法律上的联想，经过流行的作为有效媒介的原因的概念，到近代比较精致的作为不变的功能依赖性的原因的概念，这个词的意义在不断地变化着。这个词有这样宽广的应用范围，这个事实立即就排除了这个可能性，即对它正好有一个正确的、优待的解释。不过，鉴定出在许多科学领域中以及日常谈论中与这个词相联系的一个明确的意义，以便可以从这个角度对在说明中充当前提的定律进行一个粗略的分类，这既是可能的又是有用的。另一方面，因为在这个词的一个意义上，原因的概念在某个研究领域中起着重大的作用，因而假定这个概念在一

切其他领域也必不可少，这就错了——这正如因为这个概念在科学的某些部分无用，因而认为它在其他科学部门也不可能有合法的作用一样是错的。

我们想鉴定的"原因"的意义可由如下例子来阐明。一个电火花经过氢、氧两种气体的混合物；由于电火花的通过产生的爆炸伴随着这两种气体的消失和水蒸气的凝结；在该实验中，一般把气体的消失和水蒸气的凝结说成是电火花引起的结果。此外，基于这个实验的概括（如"每当电火花通过氢、氧气体的混合物时，气体就消失，形成了水"）被称为一个"因果律"。

把这个定律说成是因果律，似乎是因为它所表述的那些事件之间的关系推测起来满足 4 个条件。首先，这个关系是一个不变的或始终如一的关系——在每当确认的原因产生时，确认的结果就产生了意义。此外，有一个共同的不言而喻的假定：原因构成结果产生的必要且充分的条件。然而，实际上，日常事务中做出的绝大多数因果归因以及经常提及的绝大多数因果律，并没有陈述结果产生的充分条件。这样，我们经常说擦一根火柴是它燃烧起来的原因，并且不言而喻地假定也存在着其他若没有就不会产生结果的条件（如氧的存在，一根干燥的火柴）。通常挑出来作为原因的事件往往是一个这样的事件——它完成结果产生的这组充分条件，并且由于种种理由被认为是"重要的"。其次，这种关系是在这样的事件之间有效——在火花和水的形成出现在大致相同的空间区域的意义上，这些事件在空间上是连续的。因此，当事件在空间上相隔甚远时，如果断言它们是因果地相关的，那么就不言而喻地假定这些事件只是终止于一条事件的因果链上，这里，联结的事件是空间上连续的。第三，在被说成原因的事件先于结果，并且也与结果"相连续"的意义上，这种关系有一个时间特性。因此，当事件被一个时间间隔

分离时，如果说它们是因果关联的，则就假定它们是由一系列在时间上邻接的、因果相关的事件联系起来的。最后，在经过混合气体中的电火花是气体转变为水的原因，而水的形成不是电火花通过的原因的意义上，这种关系是不对称的。

通常有人批评说这个据以阐明原因概念的思想是含糊其辞的；已经提出了一些有力的异议——尤其是针对空间连续性和时间连续性的常识概念，因为这些概念含有一系列混乱。而且，在一些高级的科学如数学物理学中，那个思想是十分多余的，这无疑是对的；在对这个原因概念的确认的说明(如以上例子)中，当这种说明是按照现代物理理论来分析时，刚才提到的4个条件是否实际上得到了实现，这甚至引起了争议。不过，不管这个概念出于理论物理学的目的是多么不合适，它在许多其他的研究部门中继续起着作用。甚至于在实际事务中，在实验室中，在为了获得种种结果而在对合适手段进行处理的历程中使用抽象的物理理论时，正是这个概念坚定地体现在我们所采用的语言中。实际上，为了得到其他的东西，正是因为有某些东西能够加以处理，但不是相反，因果语言才成为描述许多事件之间的关系的合法而且方便的方式。

另一方面，在这个词的业已指明的意义上，不是一切自然律都是因果律。简要考查一下各门科学中用作说明前提的各种定律，便会明白这一点。

1. 如已指出的，定律的一个基本且普通的类型在这一假定中涉及到，即存在着“自然种类”或“物质”。让我们用颜色或密度这种具有一些明确形式或“确定”形式的性质来理解所谓的“可确定量”。红、绿、蓝、黄等等都属于可确定的颜色的确定形式；(以某种标准方式来测量的)量值为0.06的密度、量值为2

的密度、量值为 12 的密度等等属于可确定的密度的确定形式。因此一个特定的可确定量的确定形式构成诸性质的一个“相关族”，这样，每一个能够有意义地对其断言可确定性质的个体，在逻辑上必然有一个且只有一个可确定量的确定形式。① 现在考虑的这种类型的定律(如“存在着岩盐这种物质)那么就断言存在着各种类型的对象，以致于一个特定种类的每个对象是由一组可以确定的性质的确定形式来表征的，以致于属于不同种类的对象在一个共同的可确定量的至少一个(通常不止一个)确定形式上不同。例如，说一个特定对象 a 是岩盐，就是说存在着一组可确定的性质(晶体结构，颜色，熔点，硬度，等等)，使得在标准条件下，a 具有各个可确定量的一个确定形式(a 具有立方晶形，它是无色的，密度为 2.163，熔点为 804℃，莫氏硬度为 2，等等)。而且，在这些可确定量的至少一个(事实上多于一个)确定形式上，a 不同于属于另一个种类的对象，如滑石。因此，这种类型的定律断言：在某一种类的每个对象中，存在着若干确定性质的一个不变的共存关系。然而，明显的是，这种类型的定律不是因果律——比如，它们并不断言岩盐的密度先于(或跟随着)其硬度。

2. 第二种类型的定律断言事件或性质之间的一个不变的依赖次序。可以区分出两个次要的类型。其中一个是因果律这个类，例如关于在氢、氧混合气体中一个火花的结果的定律，或扔进水中的石块产生一系列同心圆波的定律。第二种次要类型是“发展律”(或“历史规律”)这个类，如“人的胚胎中呼吸器官的

① 对于这个术语，参见 W·E·约翰逊：《逻辑学》，第 1 卷，剑桥，英国，1921 年，第 11 章，以及鲁道夫·卡尔纳普：《概率的逻辑基础》，芝加哥，1950 年，第 1 卷，第 75 页。

形成不会先于循环系统的形成”这个定律，或者“消化乙醇总是跟随着血管膨胀”这一定律。在还没有广泛引入数量方法的研究领域中，这两种次要类型是常见的，虽然有例子表明这种定律在其他地方也会碰到。发展律可以被分析为如下形式：“如果 x 在时刻 t 有性质 P，那么 x 在晚于 t 的时刻 t′ 有性质 Q”。通常不把它们看作是因果律，这大概有两个理由。首先，虽然发展律可以陈述某个事件(或若干事件的复合)产生的必要条件，但它们没有陈述充分条件。实际上，对于这些充分条件是什么，我们具有的知识极其含糊。其次，发展律一般地陈述某个时间间隔所分隔的事件之间的顺序关系。因此，它们有时被认为只是表达了对事实的不完备的分析，理由在于：由于在某个较早的事件之后某个东西可能会介入，妨碍了那个事件的实现，因此事件的时间顺序不可能是不变的。不过，不管发展律的局限性是什么，不管以其他类型的定律来补充它们的愿望是多么强烈，在当前科学的说明系统中，发展律和因果律都得到了广泛的使用。

3．第三种类型的定律——在生物科学、社会科学以及物理学中都常见——断言事件或性质之间不变的统计(或或然性)联系。这种定律的一个例子是：“如果重复地抛一个在几何上和物理上都是对称的立方体，立方体以一个确定的面向上停住的概率(或相对频率)是 1/6”；其他例子已在先前提到过。统计规律并未断言一个事件的发生总是由某个其他事件的发生相伴随。它们只是断言：在充分长的一系列试验中，一个事件的发生由具有不变的相对频率的第二个事件的发生伴随着。这种定律显然不是因果的，虽然它们并非不相容于对它们所表述的事实的因果说明。实际上，上述关于一个立方体的行为的统计规律可以从有时据说是因果律的那种定律中推导出来，如果作出一些与那些因果律应用的初始条件的统计分布有关的假定的话。另一

方面，甚至于在目前还不知道能够对其提出因果说明的物理学中，也有统计规律。而且，即使人们假定“原则上”一切统计规律都是某个根本的“因果秩序”的结果，但仍然有一些研究领域——在物理学以及在生物科学和社会科学中——在那些领域中，按照严格普遍的因果律对许多现象进行说明实际上是行不通的。一个合理的推测是：不管我们的知识如何增长，统计规律将继续被用作对许多现象进行说明和预言的近似前提。

4. 第四种类型的定律——它刻划了现代物理学的特征——断言与所阐明的过程或性质有关的两个或多个变量之间的函数依赖关系（在“函数”的数学意义上）。可以区分出两个亚类型。

a. 首先，有一些陈述数量之间的相互依赖性的数值定律，这样在其中一个量上的变化都与在其他量上的变化共存。这种定律的一个例子就是理想气体的玻义耳—查尔斯定律：$PV = aT$，这里 P 是气体的压强，V 是其体积，T 是绝对温度，a 是一个依赖于所考虑的气体的本性和质量的常数。这不是一个因果律。例如，它并不断言温度的变化先于（或后于）体积或压强的变化；它只是断言 T 的变化与 P 或 V 或二者的变化共存。因此，必须把该定律所陈述的关系与在检验它或使用它来进行预言时可能发生的事件的顺序区分开来。例如，在实验室中检验该定律时，人们可以以气体的温度保持不变的方式来缩小理想气体的体积，随后注意到其压强升高了。但在这些量变化的次序上，在对变化进行观察的时间顺序上，这个定律不说什么。仍然可以把这种亚类型的定律用于说明和预言的目的。例如，在一个合适地“孤立起来”的系统的情形中，如果在这样一个定律中提到的数量满足它们之间在某一时刻指出的关系，那么在某

个未来时刻，它们也将满足这一关系，即使在这两个时刻之间这些量可以经受某一变化。

b．第二个亚类型是由这样的数值定律构成的，这些定律断言一个量以什么方式随时间变化，更一般地说，断言每单位时间一个数量的变化如何与其他的数量（在某些情形中，虽然不总是，与时间间隔）相联系。真空中自由落体运动的伽利略定律就是这种定律的一个例证，该定律是说一个自由落体通过的距离 d 等于 $g\,t^2/2$，这里 t 是下落的时间间隔，g 是重力常数。陈述这个定律的一个等价的方式是说：一个自由落体每单位时间在距离上的变化等于 g t。在这一表述中，一个量的变化与时间的比率显然与一个时间间隔相联系。属于这种亚类型的定律的另一个例子是单摆沿其运动路径的速度的定律。这个定律是说：如果 v_0 是摆锤在其运动的最低点的速度，h 是过这个最低点在水平线以上的摆锤的高度，k 是一个常数，那么在其运动弧线的任何点摆锤的速度 $v^2 = v_0^2 - kh$。由于速度 v 是每单位时间在距离上的变化，因而这个定律是说：沿着其路径，每单位时间摆锤距离的变化，是在其摆动的最低点和其高度的最低点它的速度的数学函数。在这一情形中，每一个量随时间的变化率不是作为时间的函数给出的。属于这种亚类型的定律往往被称为“动力学定律”，因为它们表述一个时间过程的结构，而且一般是按照有一个力正作用于所考虑的系统上这一假定来予以说明的。有时把这种定律吸收进入因果律，虽然在这一节中先前区分的意义上，它们不是因果的。因为在这种定律中提到的变量之间的依赖关系是对称的，这样在一既定的时刻，系统的一个状态完全由一个先前的状态决定——如它完全决定了后来的一个状态一样。这样，如果我们知道单摆的摆锤在如何既定时刻的速度，又假定该系统没有受到外来的干扰，那么上述定律就使我们能计

算出在任何其他时刻的速度，不论它是早于还是晚于那个既定时刻。

不要把以上对定律的分类看作是一个完全的分类；不管怎样，后面几章会对某些类型的定律的结构进行更充分的讨论。然而，这一分类的确指出：科学中认识到的一切定律不都只具有一种类型，一个科学说明往往被认为是令人满意的，即使其前提中引用的定律在任何习惯的意义上都不是“因果律”。

第五章　实验定律和理论

在对日常经验中碰到的事物和事件的观察中，产生了一些问题，科学思想正是以这些问题为其根本的起点，它目的在于通过发现隐藏在可观察事物之中的某种系统秩序来理解事物，而对充当说明和预言工具的定律的最终检验，则是它们符合于这些观察。实际上，在科学中，许多定律表达那些被公认是可观察的事物之间的关系，或者事物的特点之间的关系，不管这种关系是通过独立的感官得到的，还是借助于专门的观察仪器得到的。一个敞开的容器中的水"当被加热时便蒸发"，铅在327℃熔化，一个单摆的周期与其长度的平方根成正比，这些定律都是这种类型的定律。

但不是一切科学定律都属于这种类型。相反，在物理科学的一些给人印象最深的综合性的说明体系中，所采用的许多定律，显然不是有关那些通常被刻划为"可观察的"东西的定律，即使让"可观察"这个词的使用与前述例子中的使用一样广泛。这样，在按照水的分子构成的有关假定来说明被加热的水的蒸发时，关于水的分子构成的假定就出现在说明前提中了，而且，虽然我们有对于这些假定的充分的观察证据，但在某一意义上，比如说，在可以说沸水的温度或熔化的铅的温度是可观察的意义上，分子以及它们的运动都是不可观察的。

现在，让我们来命名刚才提到的定律之间的这个明显差异，我们将称第一种定律为"实验定律"，而称第二种定律为"理论定

律"(简称"理论")。从这一术语的规定及其所蕴含的差异来看，恒温的理想气体的压力随其体积呈反比变化，与氢化合成水的氧的重量(近似地)是氢的重量的8倍，父母是蓝眼睛其孩子也是蓝眼睛，诸如此类定律都可划分为实验定律。另一方面，如下论断都属于理论：不同的化学元素由在化学变化中不可分的不同的原子组成，染色体是那种由与机体的遗传特性相联系的不同类型的基因组成的。[①]

不能说这些名称不会引起令人误解的联想。但在文献之中，这些术语已被牢固地确立起来，以便作定律之间拟定的区分；不管怎样，不能得到更好的名称了。两个简短的评注有助于避免对这些名称的误解。当把一个陈述(比如，"一切鲸都哺乳其幼鲸")划分为一个实验定律时，不要把这解释为论断而声称该定律是以实验室实验为依据的，或认为它恰是一个迄今还没有得到说明的定律。"实验定律"这一名称不过是指明，如此被表征的一个陈述表达了事物(或事物的特性)之间的一个关系，而在以上例子所例证的"可观察"的那种公认是不严格的意义上，这些事物或特性是可观察的，并且，该定律能够得到对定律中所提及的事物的受控观察的证实，尽管只是在某种或然性程度的意义上得到证实。又，当把关于液体之分子构成的一组假定称为一个理论时，不要把这理解为断言：那些假定纯粹是思辨的，没有得到任何恰当证据的支持。之所以把它们刻划为理论，我们想要说的不过是，那些假定采用了"分子"这样的术语，而这种术语在先前指明的意义上，并没有实指性地指称任何可观察的事物，因此，这些假定不能为术语实指地指称的观察或实验证实。

---

① 本章主要依据诺尔曼·R·坎贝尔在其《物理学原理》中的讨论，尤其是第6章。坎贝尔未完成的论文还没有获得其普遍令人钦佩的分析应突出地得到的重视。

尽管频繁地在实验定律和理论之间进行区分，且从用于论证这种区分的例子来看，这个区分乍看是合理的，但它也引起了某些不容忽视的重要问题。假设这一区分是初步合理的，那么它是以两种科学定律之间可以清晰地鉴定的差异为根据的吗？又，即使能够为这一区分指定一个无可争辩的基础，那么这一区分犹如有时断言的那样是截然分明的，还是只是一个程度问题？不管怎样，虽然不能否认那些称为"理论"的假定得出的说明和预言体系，比那些被表征为"实验定律"的前提所得出的类似体系具有更大的综合性，但理论独有的什么特点说明了这个差别呢？这些就是本章要致力解决的问题。

一、区分的根据

以上对理论和实验定律之间的区分的论述立足于一个论点，即划归在实验定律名下的定律，不同于划归在理论名下的定律，它们是表达某一题材的可观察特性(或实验上可决定的特性)之间的关系，因而这一区分便蒙受着加在"可观察"这个词上的一切臭名昭著的不白之冤。实际上，在这个词中，有这样一个涵义，即没有哪个让人熟知的科学(心理学的某些分支可能有所例外)断言了那种对可观察事物之间的关系进行陈述的定律，如同在这个词中也有着这样一个涵义，即甚至那些称为"理论"的假定也指涉可观察的东西。

通常用于对实验定律进行典型论证的科学陈述，断言了这种资料之间的关系，这种资料据说是通过各种感觉器官直接地或非推理地认识到的，这也就是认识论的讨论中所说的"感觉资料"。但这个看法一定是一个错误主张。即使我们暂时不考虑这个人人皆知的困难，即如何能够鉴定"纯粹的"(亦即被非推理

地范畴化的)感觉资料,但明显的是,感觉资料至多只是断断续续地产生的,当它们以序列顺序和共存顺序的模式出现时,这些模式难得以一般定律加以表述。但不管怎样,没有一个实验定律的惯常例子实际上是关于感觉资料的,因为实验定律所采用的一些概念和假定超越了那种直接授与感觉的东西。比如考虑这一实验定律:声音在低密度气体中的传播速度比它在高密度气体中的传播速度要快。这一定律明确假定,有一种称为"气体"的物质聚集态,它与其他的物质聚集态如液体和固体相区分;在不同的确定条件下,气体有不同的密度,这样在指定的条件下,一气体的重量与其体积之比保持不变;测量重量、体积、距离和时间的仪器显示出一定的规律性,这些规律性可以在不同的定律中得到整理,如关于各种材料的力学、光学和热学性质的定律等等。这样,出现在该定律中的词项(如"密度"这个词)的含义,因而该定律本身的含义,显然都暗中预设了一些其他定律。而且,一旦我们想要提出证据来支持这个定律时,额外的假定便昭然若揭。例如,在测量特定气体中的声速时,重复地进行测量一般会得到不同的数值。因此若要把一个确定的值指派给这个速度,则必须以某种方式"平均"这些不同数值。这往往是按照假设的实验误差定律来进行的。总之,关于气体中声速的定律不是表达直接的感觉资料之间的关系,它还涉及到那些只有经过一定的程序才能加以鉴定的东西,而这些程序便包含了相当复杂的推理链和各种各样的一般假定。

另一方面,就理论而言,虽然通常引用的例子是关于那些在明显的意义上是不可观察的事物的陈述,但经由从实验资料中引出的推理,按照一定的规则,间接地确定那些不能明确观察的东西的重要特征,往往是可能的。因而,乍一看来,就其各自的研究题材的"可观察"(或实验上可确定)的情形而论,实验定律

和理论似乎并非迥然相异。比如，由物质运动理论假定为气体的构成要素的分子，在实验中的一些仪器乃至通过显微镜观看的活细胞核是可观察的意义上，实际上是不可观察的。一个气体的每单位体积的分子数目、以及这些分子的平均速度和质量，都可以从由实验所确定的数量中推算出来；最终，物质运动理论的一切指标不可观察实体的词项都可以以某种类似的方式与实验资料相联系，在这个推测中并没有什么逻辑上的荒谬之处。类似地，就月球背面原则上是可观察的而论，虽然由当代原子结构的电荷理论视为公设的阿尔法粒子不是可观察的，但它们在威尔逊云室中的径迹一定是可见的。

不仅如此，在这点上还应该注意到，对那种公认是实验观察的东西的报告，往往是以某个通常被认为是理论的语言来表达的。例如，当光束从一特定的介质过渡到某一密度较大的介质时，实验表明折射指数是随着光源变化的。因此，从太阳光谱的红端发出的一束光的折射指数便不同于从紫端发出的光的折射指数。但基于这些实验的实验定律并非是以不成问题的观察词项（如光束的可见颜色）来表达的，而是按照光线的折射指数和光波频率之间的关系来表达的。光的波动理论的思想在这个推测的实验定律的陈述当中被吸收进来了。更一般地，许多关于假定的实验定律的陈述不仅把假设的其他实验定律视为理所当然的，而且它们显然也把公认为是理论的那些假定包括进来，作为其意义的一部分。

鉴于这些理由，许多研究这个论题的学者推断说，“实验定律”和“理论”的名称并未指明在类型上根本不同的定律，它们至多内涵着在程度上有所差异的东西。在他们看来，这一区分若有什么方法论意义的话，则也是微乎其微的。

是否能够有益地把一个严格精确的涵义指定给“可观察的”

这个词，颇值得怀疑；就实验定律和理论的区分乃是基于可观察的东西和不可观察的东西之间的对比而言，这个区分显然不是截然分明的。不管怎样，得不到区分二者的精确标准，这儿也不提出任何这样的标准。不过不能由此推断说这一区分是伪造的，因为它是模糊的，正如不能认为由于没有明确的界线把一个人的脑袋的前后两面区分开来二者便没有差异一样。事实上有几个突出的特点，使我们能把我们将继续称为"实验"定律的假定与我们称为"理论"的一般假定区分开来；我们将着手考察这些特点。尽管时下谈论的这一区分有其公认的模糊性，但我们将会明白这是一个重要的区分。

1. 实验定律之不同于理论的最突出的特点，也许就是这一特征：在实验定律中，每个"描述性"（亦即，非逻辑的）常项与至少一个公开程序相联系，当某些指定的条件得以实现时，这一程序用来断言这个常项具有某个可以由观察鉴定出来的特性。但一般来说，不是理论中的每个描述性常项都具有这一特征。因此，与实验定律中的一个项相联系的程序，便确定了该项的一个明确的、即使只是部分的意义。这样，一个实验定律便与一个理论陈述不同，它总是具有一个确定的经验内容，而该内容总是能够被经由那些程序得到的观察证据所控制。先前引用的气体中声速的定律清楚地例证了这点。有一些确立起来的程序用以确定一气体的密度以及测量气体中的声速；这些程序决定了我们如何解释该定律中相应词项的意义。因此按照经由那些程序得到的数据，便可以检验这个定律。

这样，在一个实验定律L中，每个描述词项具有一个由公开的观察程序或实验室程序决定的意义。不仅如此，若假定L有一真正的经验内容（相对于一个陈述而论，该陈述实际上只是定

义某个出现于其中的词项)，则与L中的词项相联系的程序，一般就能建立起来而无需暗中采用L。因此，一气体的密度，以及气体中的声速，都可以用这种程序决定，而这种程序并不利用气体中的声速依赖于气体密度的定律。因此，对于一个特定的词项P来说，由于P被L断言具有这种关系，这样P的有效意义便可以被扩大到该定律中的其他词项，但一般地说，P具有一个确定的意义，该意义不依赖于P在L中的出现，而且又与由于它在L中的出现而可能获得的另外的意义相区分。因此，倘若由当前实验技术的限制而引起的困难并不构成什么障碍，那么就有可能获得支持一个实验定律的直接证据(即通过考察属于该定律的论域的实例而获得的证据)。

然而，情况往往是这样的：在把一个实验定律中的词项应用到一个具体的论题时，可得到的公开程序不止一个。比如说，“电流”这个词至少进入了三个不同的实验定律之中，这三个定律分别把电流与磁学、化学和热学现象联系起来。因此，可以通过磁针的偏转来测量电流强度，当然，也可以通过像银这样的元素的溶解量，或经由特定时间间隔内一种标准物质温度的升高来测量电流强度。但之所以能使用这各种各样的方法，其间有一个不言而喻的假定，即这些方法都得出一致的结果。因此，在用一个方法测量时具有同样强度的两个电流，在用其他方法来判断时也应具有(至少近似)相同的强度。而且，对于实验定律中的一个词项，当可以得到几个这样的方法时，在许多科学领域中，情况往往是这样的：其中的一个方法被选择为对该词项以及测量它所指示的性质进行“定义”的标准。

对实验定律中描述词项的看法基本一致，与此相比，在理论中出现的许多(若不是一切)描述词项的意义，却不是由这种公开的实验程序来指定的。不过，理论之构造往往是通过与某些熟悉

的材料相类比来进行的，这样绝大多数理论词项便与从类比的产生中引出的概念和意象相联系。不过，绝大多数理论词项的有效意义，要么是仅由它们所进入的理论公设隐含地定义的，要么只能按照理论可以得到的最终使用间接地加以确定。因此，虽然可以把“电子”、“中子”或“基因”这样的理论词项解释为具有某些（不必然是一切）性质的“粒子”，这些性质刻划了少量物质的特征，但不存在公开的实验程序，使得这些词项应用于它们的那些可以在实验上加以鉴定的事例。我们会详细阐明这点。目前我们只须注意到这个重要的推论，即由于一个理论的基本词项一般并不与对它们进行应用的确定的实验程序相联系，因而不能在观测上鉴定那些属于一个理论的实指性论域的事例，这样一个理论（不同于一个实验定律）不能诉诸直接的实验检验。

2．在实验定律和理论之间，刚才讨论的差异的一个直接推论就是，当原则上可以这样来提出和断言实验定律，即把它们作为在观察资料中发现具有的关系的基础上建立起来的归纳概括时，理论却不是这样的。比如，玻义耳把以其名命名的定律建立在这样的观察之上，这些观察是通过研究恒温下压力与体积的变化关系得到的；在被观察的样本中，真的东西是普遍为真的。据此假定，他断言，一般来说，气体的压力与其容积成反比。无疑，经常可能的是，既可以通过直接的确认资料支持一个实验定律，又可以用间接证据来支持它；当把实验定律整合进入一个广泛的定律体系时，往往就得到了后一类型的支持。因此，既可以通过自由下落的物体在各个时间间隔中经过的距离的有关资料来直接证实伽利略自由落体定律；又可以经由有关单摆运动的实验来间接证实该定律，因为该定律和单摆运动定律由于被整合进入牛顿力学体系而密切相关。一些实验定律（如光在二轴晶体中进行圆锥形折射的定律）一开始就是由理论考虑提示出

来的,尔后才由直接实验证实,这同样不容置否。不过,关键之处仍在于,对于一个实验定律来说,只有当可以得到支持它的直接实验证据时,才能认为它被证实。

然而,本质上说,理论不可能是从观察资料中得来的经验概括,因为一般来说,没有可以在实验上鉴别出来的事例属于理论的公开论域。一些杰出的科学家已屡次声称,理论是“心灵的自由创造”。这种主张显然不意味着理论勿需实验材料启示,或理论不要求从观察证据中得到支持。这种正确的论断是,一个理论的基本词项勿需具有由明确的实验程序确定的意义,一个理论可以是合适且富有成效的,尽管支持它的证据必然是间接的。实际上,在近代科学史中,有一些理论曾一时为许多科学家接受,尽管当时得不到对那些说明性假定的实验确认。在那时接受它们的唯一理由是这一事实,即它们能够说明那些据认为已由先前积累的观察资料证实的实验定律。哥白尼的太阳系理论、光的粒子说、化学中的原子论、以及气体运动,理论一时间就处于这种情形。[①]

因此,甚至当用一个特定的理论来说明一个实验定律,使得该定律由此被结合进人该理论的思想框架(以一种目前要讨论的方式)时,对于该定律来说两个特征继续有效。它保留着一个能够独立于这个理论来表述的意义,它以观察证据为基础,而这

---

① 当阿瑟·爱丁顿爵士在1923年出版他在广义相对论方面的著作时,他指出,这个原理之所以引起广泛的兴趣,是由于相对论所预言的实验证实略微偏离牛顿定律。但他补充说:“对那些仍然踌躇不决且不愿放弃旧信念的人来说,这些偏离仍然是兴趣的焦点;而对于那些已领会了新观念之精神的人来说,观察预言只构成这个论题的一小部分。对于这个理论,据称它导致了对物理世界的一种理解,这种理解比先前所获得的理解更为清晰和深刻,以一种使得伟大的物理定律的起源和含义更加鲜明的方式来发展这个理论,已成为我的目的。”——A·S·爱丁顿:《相对论的数学理论》,剑桥,1924年,第V页。

个证据可以使该定律在该理论最终衰亡之后仍具有生命力。这样，对于维恩的置换定律(该定律断言，与处于黑体辐射光谱的最大能量位置相对应的波长反比于辐射物体的绝对温度)来说，由于引入了普朗克量子假说，这样当说明该定律的经典电动力学被修改时，它仍未被拒斥。而对于巴尔末定律(按照这个定律，与氢光谱和其他元素的光谱的谱线相应的波的频率，是一个遵从简单的数值公式的序列中的项)来说，当说明该定律的玻尔原子理论被“新量子力学”取代时，它也没有被放弃。这些事实指出，一个实验定律可以说有它自己的生命力，它不依赖于任何可以说明它的特定理论的生命力的继续。尽管看起来一个实验定律完全被吸收入一个特定的理论之中，这样在阐述该定律时，甚至有可能采用该理论特有的专门术语，这样，勿需参考与那一理论相联系的意义——因为该定律是由那个理论说明的——就必定能理解该定律。其实，如果一个理论旨在说明的定律不是这种情况，那么理论就没有什么可以说明的了。因此，至少且为了不产生恶性循环，尽管在一个实验定律中出现的词项，具有部分地从某个其他理论中引来的意义，但这些词项必须具有确定的意义，这些意义可以(尽管只是部分地)独立于用于说明该定律的特定理论而得到阐明。

另一方面，离开了隐含地定义它们的特定理论，就不能理解理论概念。从这个事实可以推出，虽然一个理论的公设没有为理论词项指派一组独特的确定含义，但可允许的含义则被限制到了那样一些含义，它们满足理论的公设把这些词项安排进去的相互关系结构。因此当改变一个理论的基本公设时，其基本词项的意义也就随之改变了，尽管——通常就是这样——在修改过的理论中继续采用与原来理论的语言表达式一样的表达式。新理论大概也将继续说明原先的理论能够说明的一切实验

定律，此外，它还说明原先的理论不能说明的那些实验定律。但由于新理论的那些改变了的理论内容，由实验定律表述、且由原先的理论和修改过的理论予以说明的那些可以通过实验来鉴定的规律，就得到了事实上不同的解释。

这些论点值得充分论证。出于这一目的，让我们考察著名的密立根油滴实验。该实验（首次在1911年进行的，以后由于实验技术的改进，又多次重复）是在这样一个理论框架中处理的。这个理论假设存在着一种称为“电子”的不可观察粒子。假设电子具有那些通常表征粒子的特性（如在一定时刻一定的空间位置，在这些时刻的一定速度，以及质量），此外它们还是基本电荷的载体。密立根实验的目的是要决定基本电荷的数值e。从本质上来说，该实验在于比较一个微小的油滴在两种情形下的速度：一个是在只有重力作用下它在两块水平的金属板间运动的速度，另一个是它在重力和静电场力作用下（因为油滴受到金属板上电荷的感应已带上一个电荷）运动时的速度。实验表明，当改变在金属板上施加的电荷量时，油滴的速度也发生了变化。通过运用那些得到确认的实验定律，就有可能算出油滴上的感生电量，这就解释了所观察到的运动差异。密立根发现，在实验误差的极限内，油滴所带的电荷总是一个基本电荷e（4.77×10^{-10}个静电单位）的整数倍；由此他推断e是最小的电荷，并把这一最小电荷等同于电子所带的电荷。

然而，重要的是要注意到，我们描述了油滴实验（尽管只是提纲性地），却没有指涉电子。可以以类似的方式提出对该实验的一个更为详细的论述。因而，明显的是，即使不假设电子理论，也能完成该实验并交流它的实验程序。但其实电子理论确实启发了该实验，且对实验结果提供了一个富有启示和成效的解释。但自从密立根首次做了这实验以来，电子理论已经经历

重大改变；完全可以设想（虽然目前还不可能），电子理论有朝一日可能会被完全抛弃。不过，密立根帮助确立的这个实验定律的真谛（即一切电荷都是基本电荷的整数倍）并不随该理论的命运而定；而且，假使该定律的直接实验证据继续对它进行确认，则在未来，当被接受为对该定律的一个说明的一系列理论都衰亡后，这个定律还会幸存下来。另一方面，一个电子的本质是由含有“电子”这个词的理论来阐明的；当该理论改变之后，这个词的意义也经历了一个变化。尤其，虽然在物质的电子构成的前量子理论中，在玻尔理论中，以及在后玻尔理论中，这个词都得到了同样的使用，但在这些理论中，它的意义并不是同样的。因此，从这些形形色色的理论中，油滴实验所确立起来的事实便得到了不同的解释，而甚至在每一情形中，都是通过说该实验所决定的基本电荷是“电子所带”的电荷，来表述这些事实的。

3. 值得顺便提及实验定律和理论的另一个引人注目的区别。一个实验定律无一例外地是用一个单一的陈述来表达的；而一个理论则几乎毫无例外地是几个相关陈述的体系。但这个明显的差异不过是某个意味深长且给人印象更深的东西的标志，这就是，理论具有更大的普遍性和相对更广泛的说明能力。如业已注意到的，实验定律可以用于说明和预言个别事件的产生，以及用于说明其他的实验定律。然而，在某些易于鉴定的方面，实验定律能够说明的材料在性质上是类似的，它们构成一类相当确定的事物。比如说，关于液体浮力的阿基米德定律使我们有可能说明形形色色的其他定律：冰浮于水上，一个实心铅球沉没于水中但一个厚度适当的空心铅球则浮于水中，浮在油上的东西也浮在水上，等等。尽管属于这些定律之范围的材料有所不同，但一切定律都涉及到浮力现象。因此能够用阿基米德定律说明的事物的范围是相对狭窄的。其他的实验定律也具有

这一特征。这其实是不可避免的，因为在一个实验定律中出现的词项只与少数确定的公开程序相联系，而这些程序便确定了那些词项的意义和应用范围。

另一方面，在科学中，许多著名的理论能够说明范围更为宽广的种种实验定律，从而能够处理在性质上极不相似的广泛材料。理论的这一特点与两个事实有关。首先，理论概念不是经由一组固定的实验程序而与一定的观察资料相联系的。其次，由于理论具有复杂的符号结构，因此在把一个理论扩展到多种多样的领域时，能够得到更多的自由度。我们已注意到牛顿理论在说明行星运动定律、自由落体定律、潮汐运动定律，以及关于旋转物质之形状的定律上的成功；对此，我们还能添加那些处理液体和气体的浮力、处理毛细作用现象，以及处理气体的热学性质等等的定律。类似地，当代量子理论能够说明有关光谱现象、固体和气体的热学性质、放射性、化学反应等现象的实验定律。

其实，揭示那些关于性质迥异的题材的实验定律之间的系统联系，正是理论的一个重要功能。在这点上，自然科学的理论尤其是物理学理论表现得尤为突出，虽然甚至在物理学中，不是一切理论在实现这一目标上都具有同样地位。但对确认的实验定律进行说明，不是人们指望理论完成的唯一功能。理论所起的、使之与实验定律相分异的另一个作用，是为新的实验定律提供启示。例如，电子理论由于假设电子是基本电荷的载体，因此提示了是否能用实验来确定电量的问题。如果电的某个原子论理论还没有首先提出从这个理论来看显得重要、而且该实验想要解决的问题，那么密立根（或任何其他人）简直不可能设计出油滴实验。这样，大概还没有谁打算用实验手段决定可测量的热量究竟是不是一个基本的“热量子”的整数倍。提出这个假设

至少是合理的,即由于还没有发展出对热量子的存在作出假定的热理论,因而还没有实施这样的实验,结果,对这个假说进行实验探究看来还不是一个有意义的事业。

二、理论中的三个主要成分

因此,可以为理论和实验定律的区分作出一个合适的论辩,尽管这一区分不是精确的。但我们无论如何将采纳这一区分,大概是出于上述理由,其中部分理由是这个区分允许我们在方便的成规下把一些重要问题区分开来,这些问题主要是关于这些说明假说的,它们具有我们所说的理论的一般特征。我们现在要更密切地看待理论的构成和表达,考察它们是以什么方式与科学实践中那些通常看作观察对象和实验对象的题材相联系的。

为了分析起见,区分理论的三个成分将是有益的:(1)一种抽象的演算,它是该系统的逻辑骨骼,且"隐含地"定义了这个系统的基本概念;(2)一套规则,通过把抽象演算与具体的观察实验材料联系起来,这套规则实际上便为该抽象演算指定了一个经验内容;(3)对抽象演算的解释或模型,它按照那些或多或少比较熟悉的概念材料或可以形象化的材料使这个骨骼变得有血有肉。我们将按照刚才提到的顺序来发展理论的这些特征。但在具体的科学实践中,很难对它们予以明确的表述,它们也不对应于理论说明建设中的各个实际阶段。因此,不要认为这儿采纳的阐述顺序反映了在个别科学家的心灵中产生理论的时间顺序。

1. 一个科学理论往往是由令人熟知的经验材料,或在其他的理论中已被注意到的某些特点暗示的。理论通常是这样得到表述的,结果各种各样的多少可以形象化的概念便与出现在理

论中的非逻辑表达式发生联系，这就是，与“分子”、“速度”这样的“描述”词项或“题材”词项发生联系，后者与“如果—那么”和“每一个”这样的逻辑概念不同，它们不属于形式逻辑的词项，而是某个专门题材的论述所特有的。不过，总是可以把一个理论的非逻辑词项与在正常情形下与之相伴随的概念和形象分开——通过忽视后者，这样便把注意力完全指向这些词项相互间所处的逻辑关系。当这样做时，当把一个理论小心地整理出来以便使之获得一个演绎系统的形式时（这是一个实际上很难但原则上可以实现的任务），理论的根本假定就只是表述一个抽象的关系结构了。因此，在这点上，一个理论的根本假定构成一个抽象的或不加解释的公设集。对于构成这些公设的非逻辑词项来说，除了由于它们在公设中的位置而使它们自然具有的意义之外，它们别无其他意义，这样，理论的基本词项就被该理论的公设“隐含地定义”。而且，就基本理论词项只是被理论的公设隐含地定义而论，这些公设不断言什么东西，因为它们是陈述形式，不是陈述（亦即它们是不作为陈述但具有陈述形式的表达式），因为采纳它们的目的，只在于按照逻辑演绎规则从它们之中引出其他的陈述形式。总之，一个得到充分表达的理论已把构成它的骨干结构的一种抽象演算嵌入其中。

说一个理论的公设隐含地定义在其中出现的词项，这是什么意思呢？为了弄清这点，让我们举一些例子。抽象演算的一个熟悉例子，便是以公设的方式发展起来的论证形式的欧几里德几何学。该体系的公设通常是以“点”、“线”、“面”、“位于……之间”、“全等于……”这样的表达式以及其他类似的基本词项来阐述的。虽然这些表达式被共同使用，以表征熟悉的空间结构和关系，它们具有与我们的空间经验相联系的内涵，因而得到普遍使用，但这些内涵与对该体系的公设的演绎阐述无关，故最好忽略之。实

际上,为了避免这些表达式的熟悉但模糊的含义损害该体系的证明的严格性,论证形式的几何学的公设经常是用像“P”和“L”这样的谓词变量来表述的,而不是使用那些虽然更有启发性但同时也更令人迷惑的描述谓词如“点”、“线”来表达的。不管怎样,对于“一个点是什么?”、“一条线是什么?”这样的问题(类似地,“P 和 L 是什么类型的东西?”)来说,在几何学的公设处理内,唯一能提供的回答是,点和线是任何满足公设中所述条件的东西。正是在这个意义上,“点”和“线”这些词项是由公设隐含地定义的。

类似地,那些表述一个物理理论比如说气体运动理论的假定,只是对“分子”、“分子的动能”这样的词项提供一个隐式定义。因为这些假定只陈述那些词项进入的关系结构,从而规定了可以称为“分子”或“分子的动能”的那种东西所要满足的条件。的确,这些词项往往与直观上令人满意的一套形象和熟悉概念相联系。因此,它们具有一种启发能力,这种能力使它们独立于它们所出现的公设而看起来有意义。不过,比如说,一个分子之所以能作为一个分子,是由该理论的假设规定的。其实,除了通过参照分子理论的公设外,别无其他方式确定分子的“本质”究竟为何。不管怎样,正是该理论的公设隐含地定义的“分子”概念,行使着我们指望该理论所能行使的职能。

由于它们的重要性,我们希望更充分地论证隐式定义的特征。但几何演算过分复杂,不适宜在这儿介绍;而包含在任何主要的科学理论中的演算甚至更复杂。隐式定义的一个相当简单的例子是由如下抽象公设集提供的。除了算术术语外,这些公设采用类的运算语言。如果 A 和 B 是任意两个类,其逻辑和 $A \vee B$ 是这样一个类,它的成员或属于 A,或属于 B,或属于二者,而其逻辑积 $A \cdot B$ 是其成员既属于 A 又属于 B 的类;一个类 A 的补类 $-A$ 是其元素不属于 A 的类;空类 Λ 是不含元素的类。该

系统有如下 4 个公设：

1. K 是一个类，F 是 K 的子类的类，以致于如果 A 是 F 的成员，则 $-A$ 也是；如果 B 也是 F 的成员，则 $A \vee B$ 和 $A \cdot B$ 也是。（用专门的术语来说，F 被称为"在 K 上的诸类的域"。）

2. 对 F 中的任意 A，存在着一个与 A 相联系的实数 $P(A)$，以使 $P(A) \geqslant 0$.

3. $P(K) = 1$.

4. 若 A 和 B 在 F 中且 $A \cdot B = \Lambda$，则 $P(A \vee B) = P(A) + P(B)$.

从这个集合中有可能引出大量的定理。比如说如下定理：对 F 中的任意 A，$0 \leqslant P(A) \leqslant 1$，或对 F 中的任意 A 和 B，$P(A \vee B) = P(A) + P(B) - P(A \cdot B)$。但我们目前的兴趣不是在定理上，而是在由公设（因此也包括定理）提供的隐式定义上。什么特殊的类属于讨论之列，与各个类相联系的数 P 的含义是什么，这 4 个公设完全没有揭示这些问题。不过，对于诸类的任何集合以及与之相联系的任何数集来说，若要使后者满足这些公设，则那些公设对二者须施加一定的条件。尤其是，虽然这些公设没有阐明与类相联系的数 P 测度了类的什么确定性质，但这些数必须在 0 和 1 之间，且它们必须被如此指派，以致于与两个类的逻辑和相匹配的数，不小于与加和成员之一相匹配的那个数。因此，数 P 所测度的类的性质只得到隐含的定义。这些公设只指定类以及与之相联系的数构成的系统的结构，而没有指定任何特定系统的本质特征。

2、可是，清楚的是，一个理论若要说明实验定律，则只是隐

含地定义它的词项还是不充分的。除非添加一些进一步的东西，以便指出它所隐含地定义的词项是如何与实验定律中出现的思想联系的，否则就不能有意义地证实或否证一个理论，这样不管怎样它在科学上都是无用的。例如，询问以上的抽象公设集是真还是假，乃至询问 P(A)是否具有一个特定的值如二分之一，这显然没有意义。因为当这样来阐述这些公设时，它们并没有揭示什么是假设它们所具有的题材，没有揭示什么性质类被认为是由与之相联系的数来测度的。类似地，对于气体运动理论来说，在由它隐含地定义的词项被认为指代了什么在实验上可确定的东西上，这个理论的公设并没有提供任何指南——甚至当认为比如说“分子”这个词指代一个不可知觉的粒子时。若要把该理论用作说明和预言的工具，它就必须以某种方式与可观察材料相联系。

在新近的文献中，这些联系的必不可少性已得到屡次强调，且因此为它们杜撰了形形色色的名称：协调定义，操作定义，语义规则，对应规则，认知关联，解释规则等。[①] 理论概念与观察程

---

① 参见汉斯·赖兴巴赫：《时空学说的哲学》(柏林，1928 年版)第 23 页以下及《科学哲学的兴起》第 8 章(后者有中译本)；P·W·布里齐曼：《现代物理学的逻辑》(纽约，1927 年)第 1 章以及《一位物理学家的反思》(纽约，1950 年)第 1 章；鲁道夫·卡尔纳普：《逻辑和数学的基础》(《国际统一科学百科全书》，第 1 卷，第 3 期，芝加哥，1955 年)第 3 章；亨利·马格瑙：《物理实在的本质》(纽约，1950 年)，第 60 页以下；F·S·C·诺思罗普：《自然科学和人文科学的逻辑》(纽约，1947 年)第 7 章。

爱丁顿对爱因斯坦的广义相对论有一个看法，即广义相对论是一个自足的“封闭系统”，它的一切概念都是相互间循环定义的。由于他没能一般地区分理论和实验定律，由于他对这种联系的需要采取一种相当自由散漫的认识——如果一个理论不仅要有形式意义而且也要与实验题材有关的话，这种联系必不可少——因此爱丁顿的看法失效。作为理论与其题材的接触点，爱丁顿在他对“意识”的指涉中认识到这种需要。可是，这种指涉使人误入歧途，由于它不想针对那种“在意识之中”的与理论概念相联系的东西，而是针对那些可以在实验上鉴定的题材的特征。参见A·S·爱丁顿：“自然科学领域”，载《科学，宗教与实在》(李约瑟编)(伦敦，1925 年)，第 203 页以下和《物理世界的本质》(纽约，1925 年)第 12 章。

序相联系的方式往往相当复杂,没有单一的程式能恰如其分地表达这一切方式。一个例子有助于揭示这种对应规则的一些重要特点。

玻尔的原子理论,其中是为了说明有关各种化学元素的谱线的实验定律,而构想出来的。简单说来,该理论提出了如下公设。它假设存在着原子,其中每个原子是由含有正电荷的相对重的核和在近似椭圆的轨道上绕核运动的质量较轻的带负电荷的电子构成的。对于不同的化学元素来说,绕核运动的电子的数目是不同的。该理论进一步假设,这些电子只有一组可允许的离散轨道,且轨道的直径正比于h^2n^2,这里h是普朗克常数(即在普朗克的辐射理论中被看作公设的不可分割的能量子的值),n是一个整数。在轨道上的一个电子的电磁能取决于轨道半径。可是,只要一个电子保持在任何一个轨道上,其能量就是恒定的,原子也不进行辐射。另一方面,一个电子可以从高能级轨道"跃迁"到低能级轨道;当它进行这种跃迁时,原子也就进行电磁辐射,辐射波长是这些能量差的函数。玻尔理论是普朗克量子假说和从经典电磁理论中借来的思想的折衷产物,现在它已被一个更令人满意的理论取代。不过,在说明光谱学的一些实验定律上,玻尔理论是成功的,曾经是发现新定律的一个丰产的指南。

玻尔理论如何能够与实验室中观察到的东西发生联系呢?乍看,电子,它们沿轨道的旋转,以及它们在轨道之间的跃迁等等,这些都是那种不运用任何明显可观察的东西的概念。因此,联系必须在这种理论概念和能够经由实验程序鉴定的东西之间引人。其实,这种联系大概是这样构成的。根据光的电磁理论,一个元素的一条光谱与一个能够算出其波长的电磁波相联系,而根据该理论的假定,这种计算是从有关光谱位置的实验数据中得出的。另一方面,玻尔理论把一个原子释放的光的波长与

一个电子从其可允许的轨道向另一个可允许的轨道的跃迁联系起来。这样，一个电子跃迁的理论概念便与一条谱线的实验概念发生联系。一旦引入这样那样的明确对应，便可从有关电子从其可允许的轨道的跃迁的理论假定中推出有关在一个元素的光谱中出现的谱系的实验定律。

3. 这个对应规则的例子也例证了一个理论的解释或模型的意义。通常不把玻尔理论描述为一个抽象的公设集，加上那些公设隐含地定义的不加解释的非逻辑词项所要求的适量对应规则。相反，如上所述，它通常是由一些相对熟悉的概念来阐明的，这样该理论的公设看起来就不再是陈述形式，而是陈述，至少这些陈述的内容的一部分可以形象地加以想象。之所以采纳这种描述，其中的一个理由是，与一个不可避免的冗长繁杂的纯形式说明相比，这种描述更容易得到理解。但不管怎样，在这种说明中，该理论的公设是包嵌在一个模型或解释中的。

不过，应该明白，即使用一个模型来阐明一个理论，该理论的基本假定只为在其中采用的理论概念提供隐式定义。例如，按照玻尔理论，一个电子是这样一种"实体"，它虽然带电荷且处于运动之中，但只要它仍旧保持在任何一个轨道上，它就不会产生电磁效应。而且，通过模型来引入一个理论，这比把该理论与实验定律联系起来相比，更迫切需要对应规则。虽然理论的模型在科学研究中行使着重要功能，但如下一章将要表明的，模型并没有取代对应规则。理论的模型(或解释)和理论词项的对应规则之间的区分是一个关键的区分，我们必须对此作进一步的讨论。

为方便起见，让我们为上述类 K 和 F 的抽象公设提供一个模型。设在某一生物有机体的某个基因 G 中确切地存在着 10 个分子，它们的总质量是 m 克；把任何 1 个或几个分子的质量与 m 的比率称为这个或这些分子的"相对质量"(简记为"r")。

对于公设中可变的字母“K”，我们现在以“在基因 G 中的分子”这一表达式来代替它，并且将此缩写为字母“G”；对于字母 F，我们以“基因 G 中的诸分子的一切子类的集合”这一表达式来代替它，并将此缩写为字母“S”。若把空类算入，则 S 显然包含 1024 个成员。最后，对抽象公设中的表达式 P(A)，我们以“A 的相对质量”这一短语取代它，并缩写为“r(A)”。通过这些取代，这个抽象的公设集便转变成为一个关于 G、S、r 的真陈述的集合。例如，最后一个公设可以读作：如果 A 和 B 处于 S 之中，且 $A \cdot B = \Lambda$，那么 $r(A \vee B) = r(A) + r(B)$——这就是说，对 S 中没有共同分子的分子 A 和 B 的任意两个集合，或包含在 A 中或包含在 B 中的诸分子的相对质量，等于在 A 中的诸分子的相对质量加上在 B 中的诸分子的相对质量。这些陈述（或二者择一地，“事物”G，S 和 r 的系统，而不是陈述）构成了我们将通过公设的一个“模型”来理解的东西。

很容易概括对一个模型的意义的论述。[①] 但这个例子本身足以说明一些有用之点。在表述一个模型时采用的每个表达式在某种意义上是“有意义的”，据此假定，得以提供一个模型的一个理论就完全得到解释——在这个意义上，即在该理论中出现的每个语句由此都是一个有意义的陈述。可是，虽然一个模型在提示新的研究路线上——当以完全抽象的形式提出一个理论

---

① 简单地说，一般的表述如下。设 P 是一个公设集；设 P^0 是一个陈述集，这些陈述是以对一类特定的元素 K 有意义的某个谓词取代 P 中的各个谓词变量而得到的；最后，设 P^0 只由关于 K 中的元素的真陈述构成。我们把 P 的一个模型理解为陈述 P^0，或者理解为由一些性质和关系表征的元素 K 的系统，而这些性质和关系是由 P^0 的谓词指明的。对“解释”和“模型”概念的精确论述，参见鲁道夫·卡尔纳普：《语义学导论》（剑桥，1942 年）第 202 页以下；帕特里克·萨普斯：《逻辑导论》（普林斯顿，1957 年），第 64 页以下（中译本第 79 页以下）；A·卡尔斯基：《逻辑，语义学和元数学》（牛津，1956 年）第 12 章。

时，我们可能绝不会有这种新的研究路线——格外有价值，但按照模型来提出理论便冒着这一危险，即就该理论的实际内容而论，一个模型的一些偶然特点会使我们误入歧途。因为经由不同的模型，一个理论可得到各种可能的解释；这些模型不仅在从中引出它们的题材上有所不同，而且在一些重要的结构性质上也各有千秋。（例如，若假设基因G包含100个而不是10个分子，则对以上公设便得到一个结构上不同的模型。通过诸事件类之间的概率关系，还可以向这些公设提供一个仍旧不同的模型。）最终——这也就是我们在本文中打算作出的中心论点——虽然一个理论是按照一个模型被提出的，但这绝不意味着，该理论因而就自动地与实验概念和观察程序发生联系。一个理论是否这样发生联系，取决于所采用的模型的特征。因此，以上对一组公设的分子模型的阐述，并没有提供把这组公设的非逻辑表达式（比如说基因G中一组分子的相对质量）与实验上有意义的概念协调起来的规则。虽然指定了那些公设的一个模型，但并没有给出对应规则。总之，为一个理论陈述一个模型，以使该理论的一切描述词项都得到一个解释，一般来说并不足以从那个理论中推演出任何实验定律。

三、对应规则

对于迄今还没有明确提及的对应规则的某些特点，我们现在必须予以注意。

1. 以上关于玻尔原子理论的对应规则的例子，为指出这一特点提供了一个方便的起点。显然，在这个例子中引用的对应规则不是按照那些用于表征通常据说是可观察题材的谓词，来

对玻尔理论的任何理论概念提供一个显式定义的。因而这个例子便暗示着，一般来说对应规则并不提供这样的定义。

让我们把在这个暗示中牵涉到的东西弄得更清楚。当说一个表达式是被“明显地”定义时，总是可以把该表达式从它所产生的任何语境中消去，因为可以不改变语境的意义就用那个进行定义的表达式取代它。因此，表达式“x 是一个三角形”是由表达式“x 是由三条直线段界定的一个封闭的平面图形”定义的。这样就可以把前者（被定义的表达式）从有利于后者（进行定义的表达式）的任何语境中消去；例如，“三角形的面积等于其底与高之积的一半”这一陈述便可以用如下逻辑上等价的陈述来取代，即“由三条直线段围成的一个封闭的平面图形的面积等于其底与高之积的一半”。另一方面，对于玻尔理论中的这一理论表达式来说，即“x 是当一个电子从氢原子的接近最小的可允许轨道跃迁到最小的可允许轨道时激发出的辐射波长”，当把它等同于一个近似地具有“y 是出现在氢光谱的某一位置上的谱线”这一形式的表达式时，它就不是在被明显地定义了。其实这两个表达式有相当不同的内涵，这是显然的。因此，虽然对应规则在这两个表达式之间确立起一个确定联系，但在这样的陈述中，比如说“在大约百分之十的氢原子中，产生电子从其接近最小的轨道到最小的可允许轨道的跃迁”，前者就不能为后者取代。若要尝试这种指定的取代，则结果事实上便会毫无意义。

不能按照实验思想明显地定义在当前的科学中采用的理论概念，对此，得不到任何不可侵犯的结论性证明，也许也不可能有任何这样的证明。这儿提出来的问题将在下一章得到更充分的讨论。可是，应该注意到，还没有谁成功地构造出这样的定义。不仅如此，还有充分的理由相信，在实际应用中，对应规则并不是按照实验概念来构成理论概念的显式定义。

这些理由之一已得到注意。当经由一个模型来表述一个理论时，用于阐明该模型的语言通常具有实验程序并不具有的内涵。因此，正如上面注意到的，在玻尔理论中，指称电子跃迁的表达式不等价于指称谱线的表达式。这样，在这种情形中，由于在显式定义中，进行定义的表达式和被定义的表达式在意义上是等价的，因此最不可能的是，对应规则能够提供显式定义。[1]

或许另一个更有分量的理由是，对应规则经常使理论概念与不止一个实验概念相协调。正如业已论证的，理论概念只是由一个理论的公设隐含地定义的（甚至当理论只是经由一个模型被提出时）。因此，作为一种逻辑必然性，有无限数目的实验概念与一个理论概念相对应。例如，在玻尔理论中，电子跃迁的理论概念对应于一条谱线的实验概念；但（通过普朗克辐射定律[2] ——该定律可以从玻尔理论中推出）也可以使这一理论概

---

① 没有注意到理论物理学的语言在意义上并不等价于对实验程序进行表述的语言，这是大量困惑的源泉。正因为爱丁顿没有注意到这一点，他才有可能提出这一问题，即当他坐下来写作时，他所面对的两张桌子中究竟哪一张是"真实的"——是日常经验的实体性的桌子真实，还是多半空旷无物、而由散射的高速运动电荷构成的科学的桌子真实？（A·S·爱丁顿：《物理世界的本质》，纽约，1928 年，第Ⅸ页以下）。可是，事实上，爱丁顿根本没有面对两张桌子。因为"桌子"这个词指代一个并没有出现于电子理论之语言中的实验思想；而"电子"这个词则指代一个理论概念，这个概念在那个用于表述观察和实验的语言中没有得到定义。虽然这两种语言可以在某些接合点上相协调，但它们不是可互译的。由于只有一张桌子，故而就不会产生哪张是"真实的"桌子的问题，不管把"真实的"这个尊称理解为什么。对爱丁顿的科学哲学的一个广泛严格的批评，见 L·苏珊·斯特宾：《哲学和物理学家》，伦敦，1937 年。

② 用数学物理的理论术语可把辐射定律表述如下：

$$E_\lambda = \frac{hc^2}{\lambda^5}\left(\frac{1}{e^{hc/kT\lambda} - 1}\right)$$

这里 E_λ 是波长为 λ 的辐射能，h 是普朗克常数，c 是光速，T 是绝对温度，K 是玻尔兹曼常数（在气体运动理论方程中，相对于一种气体的绝对温度及其分子的平均动能的一个比例常数）。

念等同于那个可以在实验上决定的黑体辐射中的温度变化。因此,在使一个特定的理论概念对应于两个或多个实验思想(虽然大概是在不同的场合、在不同问题情景中的实验思想)的情形中,认为理论概念是由这两个实验思想中的每一个依次明显地定义的,不免会显得荒唐。

理论概念和实验概念之间缺乏唯一的对应,这值得进一步的评注和例证。一个熟悉的事实是,在科学中(尤其是虽然不完全是在数学物理学中),理论一般是被精心表述的,理论概念(不管它们是该理论系统的基元还是按照这些基元加以定义的东西)之间的关系也是很精确地阐述的。若要严格地探究理论假定的演绎推理,则这种精心和精确就是本质的。另一方面,把理论思想和实验思想联系起来的对应规则,一般来说没有得到明确的表述;在实践中,这二者的等同是比较松散粗糙的。

这些一般性的评注可以从一些例子中得到阐明。在几何学的现代公理化中(如在德国数学家大卫·希尔伯特的公理化理论中),一些基本词项(如"点"、"线"、"面"、"全等")是由该系统的公设隐含地定义的;另外的词项(如"圆"、"立方体")是借助于基本词项明显地加以定义的。在公理几何学内,在该系统的理论概念之间因此就存在着那种得到精确阐述的关系。但当在某个经验研究领域内使用几何演算时,这些概念与实验概念的等同就远远不是精确的了。例如,当在经验研究的情形中使用"面"这个词时,它就不是一个得到精确定义的词项。哪些表面算作平面,有时是由碾磨物体的规则确定的,以便当把这些物体的表面相互邻近地放置在一起时,这些表面最后将贴切地适合,有时哪些表面要被算作平面,是由那些仅仅涉及知觉判断的规则指定的,这些知觉判断以裸眼的运用为依据;有时则是由那些要求使用复杂的光学仪器的规则来决定的。因此平面的理论概念和

实验概念之间的对应既不是唯一的又不是精确的。类似地，虽然两个点之间的理论距离总是一个唯一的数(其实这可以是一个“无理”数)，但在两个实际物体之间测量到的距离，总是属于某一间隔的一个量值范围。

让我们再从这个角度，更周密地看看在光的电磁理论中波长的概念与一条谱线的实验概念之间的对应。甚至粗略的考察就会表明，这个对应不是唯一的。因为谱线根本上来说宽度是有限的，而光学仪器的分辨力也是有限的。因此实验上鉴定为一条谱线的东西并不对应于唯一的波长，而是对应于一个模糊界定的波长范围。反过来，一束理论上的单色光，即由具有同一波长的射线构成的一束辐射，实际上被等同于一些实验上可确定的谱线，这些谱线具有一个可分辨的宽度，因此从该理论的观点来看，这些谱线是由多色辐射产生的。

从这些例子中自然就会产生这个一般论点，即虽然可以高度精确地表述理论概念，但把它们与实验概念等同起来的对应规则远远不是那么确定。笼罩着这些对应规则的迷雾不可避免，因为实验思想并不具备理论概念所具有的那种截然分明的轮廓。为什么不可能对那些确立起理论概念和实验概念之对应的规则进行比较精确的形式化，其基本的理由就是这样的。

因此，如果我们问对应规则显示了什么形式模式，对此要给出一个直截了当的回答是困难的。在某些情形中，对应规则似乎是阐述在理论语言中描述一个实验状况的充要条件。这样，如果“T”是一个理论谓词，“E”是一个实验谓词，那么对应规则或许具有这一形式：“x 是 T 当且仅当 y 是 E”。这看来是表示这个对应规则的一个似乎可能的方式，该规则把一个电子跃迁的理论概念与一条谱线的出现等同起来。在其他情形中，对应规则或许只是阐明对一个理论概念进行使用的充分条件。那么对

应规则就具有"如果 y 是 E,那么 x 是 T"的形式。在从实验上来指定一个平面究竟是什么,并把平面的理论概念应用于遵循这种实验指定的实际表面时,在这个应用中隐含的对应规则似乎就具有这种形式。在另外的一些情形中,对应规则可能只是为一个理论词项的使用提供一个必要条件:"如果 x 是 T,那么 y 是 E"。例如,在威尔逊云室中得到的实验条件下,水雾凝结成细线似乎就是按照阿尔法粒子的径迹的理论概念来描述这个效应的必要条件。

也许对应规则还有另外的形式,可以给予它们以一种元语言的表述,即明确地使表达式之间相互等同起来,而不是使之等同于表达式所指谓的东西(如以上所讨论的那样);它们可能具有那种比已提到的形式更复杂的形式。例如,一个对应规则可能阐述的是,从形如"x 是 T"的陈述中可以推出形如"y 是 E"的陈述,反之亦然;或者,一个对应规则可以使几个而不仅是一个理论概念同时等同于一组实验思想,在阐述"点"、"线"、"面"等几何词项如何在具体的实验情形中得到使用时,似乎就涉及到这种类型的对应规则。

进一步追溯这个问题不是我们的目的。但已经说了足够多的东西来支持这一主张,即对应规则不是按照实验思想对理论概念提供显式定义,而且也表明了对应规则在形式上是变幻无常的。但若这一主张实际上具有可靠的基础,那么它有助于加深实验定律和理论的区分,同时也提出了有关理论的认识地位的问题。其中的一些问题将在下一章中加以探讨。

2. 现在,必须进一步讨论对应规则是以什么方式把理论思想和实验思想联系起来的。以上对玻尔原子理论的概述又将用于引入这一讨论。按照那个论述,虽然在该理论中使用的一些概念有对应规则,但不是一切理论概念都与实验思想相联系。

比如说，对于从一个可允许轨道到另一个轨道进行跃迁的电子的理论概念，就有一个对应规则；但对于在轨道上加速运动的电子的概念，则没有这样的规则。类似地，在气体运动理论中，对于单一分子的瞬时速度的理论概念，没有对应规则，虽然对于在理论上定义的分子的平均动能的概念，有这样的规则。此外，对于在标准的温度和压力条件下处于标准的气体体积中的分子数目(即阿伏加德罗常数)，目前也有一个对应规则；但只是到了气体运动理论历史的相对晚近时期，阿伏加德罗常数才由实验手段确定下来，在此之前，这个理论概念没有对应规则。

在这些理论例子中，刚才指出的这一特点可以更普遍但提纲性地阐明如下。设某个理论T的公设采用了n个基本的非逻辑词项“P_1”，“P_2”，……“P_n”，借助于这些非逻辑词项，可以明显地定义一些进一步的理论词项“Q_1”，“Q_2”，……“Q_r”。(这样，为了例证这个一般性论述，设“长度”、“质量”、“时间”是该理论的基本词项，而“速度”、“动能”可以在这些基本词项的基础上得到明显定义。)可是，若T要得到一个科学的使用，虽然必须把对应规则赋予T的公设，但对于一切“P”或对于一切“Q”，没有任何这样的规则被引入。甚至有可能的是，只是某一些“Q”存在着对应规则，而对“P”的每一个都没有对应规则。因此，T的理论概念不都断然地与实验概念相联系。

在自然科学中，绝大多数(倘不是一切)理论都具有这一特征，至少，具有这个特征的理论有一种灵活性，这种灵活性允许把该理论扩展到新的研究领域，而这个新领域有时显著地不同于原先为该理论设想的研究题材。如已指出的，系统地说明那些关于性质各异的材料的实验定律，这是理论的一个杰出成就。能够使一个理论这样做的方法之一，便是通过为先前还没有为此制定对应规则的概念引入新的对应规则——只要在实验研究

和技术上的进展使得这有可能。与一个理论的公设上的变化——这些变化其实构成对理论概念的隐式定义的修改——相比，新的对应规则既没有改变理论的形式结构，又没有改变其拟定意义，虽然这些规则可以扩大它的应用范围。因此，阿伏加德罗常数的实验确定（这结果使该理论概念终于与一个实验概念相联系）便不涉及到修改气体运动理论的公设；但通过 X 射线手段，它确实使晶体结构的实验分析与那一理论发生联系。

进一步，重要的是记住，一个理论是一个人为产物。与其他的人为产物一样，一个理论很可能包含一些要素，这些要素只是对其人类创造者的特殊目标及其特有风格的表示，而不是那些具有基本的指称功能或表达功能的符号。在亨利希·赫兹对物理理论应满足的要求的论述中，这点得到了强调。赫兹认为，物理科学的唯一任务是以这种方式构造“关于外在对象的映像或符号”，以使对这些符号（即我们对事物的观念）的逻辑推理总是“被描绘的事物的本性中暗藏的必然结果”的“映像”。赫兹因此把理论的这一作用看作是中心的，即理论是使我们能从其他可观察事件中推出某些可观察事件的工具。但他清楚地认识到，这一工具要求并没有唯一地确定那个将实现这一目标的符号系统（或理论）。尤其，他注意到一个理论不可避免地要包含那种他称为“多余关系或空关系”的东西，也就是那些不代表理论所要研究的题材中的任何东西的符号。在赫兹看来，这些“空关系”进入我们的理论，只是因为理论是复杂的符号，是“我们的心灵所产生的映像，因此必然受其描绘方式之特征的影响。”[1]

这种一般性的考虑使我们料想，不是理论的每一个构成概念都将经由一个对应规则与某个实验思想相联系。不管怎样，

---

① 亨利希·赫兹：《力学原理》，伦敦，1899 年（纽约，1956 年重印），第 2 页。

在理论中出现的许多符号的基本作用，是更普遍地推进理论的表述，是使逻辑变换和数学变换以一种相对简单的方式成为可能，或者是充当启发式辅助手段以扩展理论的应用。数学物理学的连续变量和微商便是这种符号的例证；这些东西得到广泛的使用，虽然严格地说来，诸如数学上连续的密度函数或瞬时速度这样的东西并不与任何实验概念相对应。当一个理论被包嵌在一个方便的模型中时，在所使用的言辞中，比如说，在分析力学的质点语言中，在19世纪电磁理论的以太语言中，在分析化学的价键语言中，或者在当前量子理论的"波粒"语言中，就能发现这种符号的无限多的例子。

由于建构理论的目的在于说明种种广泛的实验定律，显然，只有当这样来表述一个理论，以便不指称该理论中任何一组专门化的实验概念时，这一目的一般来说才能实现。因为若不是这样，这个理论在应用于那些恰好与实验概念有关的状况时，就会受到限制。其实，一个理论的可能应用范围越广泛，相对于某一题材的专门化的细节而论，它得到明确表述的内容就越贫乏。当在不同的实验情形中采用一个理论时，这些细节就是由有必要便引人的补充假定和对应规则提供的。[①] 但这并不意味着，当科学理论的应用范围变得具有更大的包容性时，理论的内容在极限中将倾向于变得空泛。它只是意味着，一个理论力图表述一个高度普遍的关系结构，这个关系结构在种种不同的实验情形中总是不变的，但当以约束力更强的假定补充该理论的公设时，就能使这一关系结构专门化，结果系统地得出一系列多样

① 参见W·F·G·斯万："科学理论的意义"，载《科学哲学》第7卷(1940年)，第273—287页，以及"物理学中理论与实验的关系"，载《现代物理评论》第13卷(1941年)，第190—196页；也可参见L·西尔伯斯坦：《相对论》，伦敦，1924年，第296页以下。

化的从属结构。

这一点可以用两个例子加以例证，以进一步阐明至少某些理论的结构，虽然这两个例子不能充分代表一切科学理论。第一个例子取自解析几何，这儿要表明双二次方程 $ax^2+2bxy+cy^2+2dx+2ey+f=0$ 是一个圆锥曲线方程，这里 x、y 是该曲线的任意点的坐标（即相距用来确定一个参考系的两条固定且相互垂直的直线的最短距离），系数（或“任意常数”）有固定的值但不另加指定（除了它们不全为零这一要求外）。圆锥曲线所共有的无论什么性质都可以从该方程推出，例如，一条直线与一条圆锥曲线最多相交于两点，两条圆锥曲线至多有四个交点。但通过对方程的系数施加一些另外的条件，一切圆锥曲线共有的结构就分化为一些更专门的结构。这样，按照 a、b、c 不全为零的假定，通过规定 $b^2-ac<0$，方程就表达椭圆的结构性质，作为椭圆的特例，若 $b=0$ 且 $a=c$，则它就表示圆的结构性质。在 $b^2-ac=0$ 的要求下，方程代表抛物线。如果 $b^2-ac>0$，则方程将代表双曲线。最后，如果 $(b^2-ac)f+(ae^2+cd^2-2bde)=0$，则方程代表由两条直线构成的“退化圆锥曲线”。因此，通过特化任意常数，就得到不同的特殊结构，进而可以探讨它们的不同特征。

第二个例子取自牛顿力学理论。据此理论，一个物体的动量变化（当参考一个合适的空间参照系时）等于作用在物体上的力。这可以写作 $ma=\mathrm{F}$，这里“m”是物体的质量，“a”是物体在某一时刻的加速度，“F”就是力。从这个基本公设可从形式上引出有关物体运动的一些极为普遍的推理，尽管不必阐明一个物体受到的作用力的性质。可是，从一个物体的实际运动方程中就推不出什么东西了。除非引入进一步的关于那些被认为正起着作用的力的假定——在某些情形中，这些假定至少包括力

的理论概念和某些实验思想之间的对应规则。牛顿理论对那些可用于表示力的性质的数学函数几乎不施加什么形式约束。其实，这些函数相当简单。例如，在振动运动的研究中，力函数的一般形式是 $F = Ar + Br^2 + Cr^3 + Dv + Ef(t)$，这里"r"是物体离某个指定点的距离，"v"是物体的线速度，"f(t)"是时间 t 的一个函数，"A"、"B"、"C"、"D"、"E"是根据讨论的问题的不同而可以指定不同数值的任意常数。这样，如果 A 是负数，其余常数为零，则物体经历没有摩擦阻力的简单谐和运动；如果 A 和 D 皆负，其余常数为零，则物体正在经历阻尼谐和运动；如果 A、D 皆负，E 不为零，B、C 皆为零，f(t)是时间的周期函数，则物体正在经历一个受力振动；等等。一般来说，通过以各种方式特化 F，就可以从牛顿力学的基本方程中演绎出不同的实验定律。

虽然这些例子不是对一切理论的例证——因为不是一切理论都包含那种以刚才指出的方式来特化的参数——但这些例子确实论证了理论不同于实验定律的一种重要方式，论证了某些理论借以取得广泛的普遍性的一种技巧。因为与在实验定律中出现的词项不同，在一个理论的基本假定中采用的概念，要么不与任何实验思想相联系，要么与随情景变化的实验思想相联系。是否能够扩展一个理论以涵盖新的研究素材，便取决于理论的这一特点。这些例子也有助于强化这一点，即一个理论只有到了经由对应规则与一个题材的那些实验上可鉴定的性质发生联系的地步时，它对科学探究才具有积极的作用。

第六章　理论的认知地位

前一章认为，实验定律和理论之间的区分并不是一个截然分明的区分，不可能得到加以精确阐述的标准来鉴定要被划分到这些名目之下的陈述。不过有人论证说，说明系统是借助于称为理论的那些类型的假定而获得的，这种说明系统显然比通过使用称为实验定律的其他假定而获得的说明更宽泛；据论证，由于这一原因，理论应该得到特殊的注意。

理论的两个特点因此得到适度的讨论。首先，已指出理论概念一般只是由一个理论的基本前提隐含地定义的，不管这些前提是被表述为抽象的公设还是按照模型来加以表述的。其次，对于把理论思想与实验概念相联结起来的对应规则的必要性，已给予了相当多的强调。另一方面，值得注意的是要明白，不要把由于通常出现在一个理论中而被提及的三个成分（隐含地定义该理论的基本词项的一套抽象的公设、这些公设的一个模型或解释、关于公设中的词项或从公设推出的定理中的词项的对应规则）解释为互不相干的东西，在理论建设的各个阶段，它们是被依次引入的，只是出于分析的目的，才把它们看作是可以孤立起来的特点。离开一切解释要完整准确地阐明那些包含在一个理论中的抽象公设，或者要详细地表述那些被不言而喻地使用的对应规则，实际上往往极其困难。绝大多数理论无论如何是在某个模型的基质中生成的，并且按照对其基本前提的一个解释得到整理，至多只是偶然提及对应规则。

不过，迄今为止对理论所提出的论述至少在两个重要的方面是不完备的。在弄清楚要把一个理论的模型(或解释)理解为什么这一方面，或许已说得够多了。然而，对于具有模型的理论根据，或模型在理论建设中，在其应用范围的扩展中所起的作用，只有一些微不足道的讨论。进一步，已得到强调的一点是，对应规则一般来说不把在一个理论说明中所采用的每一个理论概念都与某个实验概念联系起来。然而，对于如下事实还没有说些什么，这就是理论的认知地位这一引起广泛争议的问题，尤其是这个共同持有的观点——由于理论在说明中作为前提随便出现，因此理论是可以合适地探究其真假的假定。本章致力于讨论的正是这两组问题。

一、类比的作用

一个真正令人满意的科学说明必须为不熟悉的东西“还原”为已经熟悉的东西，当从其表面价值来看待这一主张时，它在第三章中被判定为是可疑的。然而，也要承认，如果对其给予合适的解释，则这一主张并非毫无价值，而是断言了一个普遍可靠的论点。已有人简捷地提出了这一建议：就说明系统的建设和发展要得到控制而论，说明可以被看作是按照熟悉的东西来理解不熟悉的东西的努力，由于渴望着发现和利用正待研究的题材和已经了解的材料之间的结构类比，说明也往往确实是这样的。现在必须来详细论述这一建议，对于影响着理论建设和理论的随后使用的一些类型的类比，也必须予以考查。

日常言语中充满着这样的表达式，它们起先是在多少有意识的隐喻意义上被使用，虽然其中一些几乎已丧失了原义，而目前实际上是在一种单向的意义上被使用着。比如说，在今天，我

们几乎不会想到，当我们使用"to foot the bill(会钞)"这一短语时，它曾一度表示在一列数字的总和与人体的下肢之间的一种切身体验到的相似性。隐喻，不论是僵硬的还是生气勃勃的，它们的广泛使用是人类发现新经验和熟悉的事实之间的相似性这种深刻天赋的有力见证，这样新的东西由于被归结到已确立起来的特征下而得到掌握。不管怎样，人们的确倾向于使用熟悉的关系系统作为在智慧上借以同化起初陌生的经验领域的模型。在绝大多数经验情形中，这不总是一个有意识的故意的过程。若不加以仔细的表达整理，则新东西和旧东西之间的相似性往往只得到模糊的理解，此外，这种感受到的相似性的有限性限制几乎没有引起什么注意。因此，当根据不加以分析的相似性把熟悉的概念扩展到新的题材时，很容易犯严重的错误。对物理事件的泛灵论说明，便是这样一种众所周知的例子，它把那些在一个领域中能够得到合法使用的概念不加保证地扩展到使用这些概念并不合法的领域。甚至在现代自然科学中，"力"、"定律"、"原因"之类的语词的使用偶然还带有一些折射着其起源的明确的拟人论的附带意义。不过，理解新旧东西之间甚至是模糊的相似性，这也往往是重要的知识进步的起点。当反思变成批判性的自我意识时，这种理解或许可以逐步发展成为那些能够充当有效的系统研究工具的经过仔细表述的类比和假说。

不管怎样，理论科学的历史提供了大量的类比对理论思想形成的影响的例子；一些杰出的科学家相当明确模型在新理论的建设中所起的重大作用。比如说，借助于从声音作为波动现象这一熟悉观点中借来的启示，惠更斯发展了他的光的波动理论；布莱克关于热的实验发现是受他把热作为一种流体的思想启发的，而傅立叶的热传导理论则是建立在已知的液体流定律之上；气体运动理论以大量弹性粒子的行为为其模型，这些弹性

粒子的运动遵从公认的力学定律;势函数的概念首先在质点力学中发展起来,尔后通过类比引申人静力学理论、热力学和电磁学;19 世纪的电磁学理论是在与弹性固体的应力和应变力学的类比中建立起来的。在每个这样的例子中,如同在还能够提及的许多其他例子中一样,模型既充当了建立一个理论的根本前提的指南,又充当了扩大其应用范围的启示的源泉。

在第一流的科学家中,也许没有谁像麦克斯韦那样更清晰地意识到类比在处理物理研究和表述理论中的地位了。在那篇对法拉第的力线思想首次提出了一个数学表述的文章的开始的评论中,麦克斯韦对科学中利用类比的方式给出了一个富有教益的论述。他把一个"物理类比"描述为"在一门科学的定律和另一门科学的那些使得一个定律例证了另一个定律的定律之间的部分相似性",例如,他指出,光从一种媒介过渡到另一种媒介时,它在方向上的变化,等同于一个粒子穿过有强力作用的狭孔时改变了的方向。虽然这个类比只是对于方向有效,对于运动速度并不适用,麦克斯韦还是认为这个类比作为解决某一类问题的"一种人为的方法"是有用的。[①] 麦克斯韦也引证了最先由威廉·汤姆逊(即后来的开尔文勋爵)注意到的在引力理论和热传导理论之间的类比。麦克斯韦解释说:

> 在均匀介质中的热传导定律初一看来在其物理关系上似乎最不同于那些与引力相联系的定律。进入热传导定律中的量是温度、热流、热传导性。力这个词与这个论题不相干。然而我们发现热在均质介质中均匀运动

① J·C·麦克斯韦:"论法拉第的力线",载《詹姆斯·克拉克·麦克斯韦的科学著作》,第 1 卷,第 156 页。

> 的数学定律在形式上等同于与距离的平方成反比的引力定律。我们只须以热源代替引力中心，以热流代替在任意点上的引力的加速效应，以温度代替势位，则在引力中一个问题的解便转变为在热中一个问题的解。

他由此注意到

> 热传导被假设是通过在一个介质的各个邻近部分之间的一种作用而开始的，而引力是在有一定距离的物体之间的关系，还有，如果除了在数学公式中得到表述的东西之外，我们一无所知，则就没有什么东西把一组现象和另一组现象区分开来。

如果引入额外事实，这两个论题确实假定了截然不同的方面。不过，麦克斯韦相信，对于这些不同题材来说，在一些定律之间的数学形式上的相似性"在激起合适的数学思想上"是有用的。[①] 然后他继续说，他发展出他对电现象的数字表达，正是通过使用这种类比，由于这一目的才采用不可压缩的流体运动的数学分析作为模型。

以上例证和麦克斯韦的讨论表明，类比可以分成两种主要类型，我们可以分别称为"实质"类比和"形式"类比。在第一种类型的类比中，由具有某些已知性质的元素构成的一个系统（假定这些元素以某些已知的由该系统的一组定律所阐明的方式联系起来）被看作是某第二个系统的理论建设的模型。这第二个

---

① J·C·麦克斯韦："论法拉第的力线"，载《詹姆斯·克拉克·麦克斯韦的科学著作》，第1卷，第157页。

系统只是在含有一组更广泛的元素上面可以不同于原来的那个系统，但该系统的一切元素都具有与模型中的那些性质完全相类似的性质；或者，第二个系统可以以一种更激进的方式不同于原先的系统，因为构成该系统的元素所具有的性质不能在模型中发现（或不管怎样在为模型阐述的定律中没有被提及）。

各种各样的原子论的物质论例证了这种类型的类比的使用。比如说，气体运动理论的基本假定是在宏观弹性球运动的已知定律上仿造的。类似地，电子理论的一部分是在与有关带电物体行为的确认定律的类比中建构的。在这种类型的类比中，被采纳为模型的系统往往是一组可以形象化的宏观对象。实际上，当物理学家谈论一个理论的模型时，他们总是在心里设想一个事物系统——这些事物主要是在尺寸上不同于那些至少可以近似地在熟悉的经验中实现的事物，这样在这个意义上的一个模型便能被形象地或在想象中加以表达。

在第二种类型的类比即形式类比中，充当建构一个理论的模型的系统是某一熟悉的抽象关系结构，而不是如同在实质类比中那样，是相互间处于一些熟悉的关系之中的多少可以形象化的一组元素。在发展其题材的某个新分支时，数学家经常采用这种形式模型。一个简单的例子是由代数中那些阐明如何处理分数幂和负数幂的规则提供的。这些规则被这样指定，以致于进行这种幂运算的定律在形式上等同于进行正整数的幂运算的定律。因此，由于 $a^3 \cdot a^2 = a^{3+2}$，$(a^3)^2 = a^{2\times3}$，这样我们也有 $a^{-5} \cdot a^{2/3} = a^{-5+2/3}$，$(a^{-5})^{2/3} = a^{2/3\times(-5)}$；一般地说，$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$，$(a^m)^n = a^{n\times m}$，不论 m、n 是正数、负数、整数还是分数。实际上，对于无理数幂和复数幂，也能得到形式上同上的定律。这里引证的例子或许太平淡。不过它例证了在创造新的数学研究领域时——在构造 n 维“空间”的几何性质，在构造高等代数的许多

分支,在构造现代泛函数理论的一些部分等等时——已被广泛使用的一个重要程序。

在数学物理学中,形式模型也起着并非不太重要的作用,麦克斯韦在引力理论的数学和热传导方程的结构上的同一性的例子便证明了这一点。更近的例子是由相对论和量子力学的接合提供的,在这两个理论中,关系模式都是在与经典力学的重要方程的密切类比中引入的。比如说,按照牛顿力学,一个孤立系统的线动量保持不变,这里动量按照定义就是该系统中每个物体的质量和速度之积的总和,而一个物体的质量被假定不依赖于其速度。但20世纪早期的实验表明,以很大的速度运动的一个粒子的质量是随着速度变化的,这样动量守恒原理看来对这种粒子并不适用,结果"质量"的概念在相对论中得到了合适的定义。这样一来,在形式上与动量守恒定律这一经典原理相似的一个原理甚至也能对高速度的物体进行断言。更专门地说,"相对论质量"的概念是以这样一种方式被引入的,以至于一个物体的相对论质量是其速度、其"静止质量"(它在速度为零时的质量)以及光速的函数。[①] 不过,虽然一个物体的相对论质量并非不依赖于其速度,但相对论质量(像牛顿质量一样)等于作用在物体上的力与其加速度的比值。此外,当按照相对论质量来重新表述动量守恒原理时,它与实验结果相一致。简单地说,一个新的质量概念和一个相应的新的动量守恒原理都是在形式类比的指导下被引入相对论的。这个例子论证了一个理论的数学形式系统怎样能够充当建构另一个比原来的理论具有更广的应用范围的理论的模型。因此,旧理论证明是新理

---

① 一个物体的相对论质量由公式 $m=m_0/\sqrt{1-V^2/C^2}$ 给出,这里 m_0 是静止质量,V是该物体的速度,C是光速。

论的特殊情形，而新理论则显示了与旧理论的某些根本假定相"连续"的特征。①

迄今为止，注意力一直是完全放在模型在表达一个新理论时所起的作用上。然而，由此推断说一旦新理论已得到表述，模

---

① 量子力学中的薛定谔方程是使用形式类比的另一个杰出实例。按照经典力学中运动方程的哈密尔顿形式，一个系统的总能量 W 等于动能 T 与势能 V 之和，即：

$$H(p,q)=T(p)+V(q)=W$$

这里 p 是一个粒子的动量，q 是其位置。对于一个单一的粒子，这得出：

$$H(p,q)=p^2/2m+V(q)=W$$

通过以微分算符$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial q}$代替动量 p，以 $-\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}$代替 W，以及引人使用这些算符的函数 $\psi(q,t)$，就得到薛定谔方程。这样我们有：$H\left[\left(\frac{h}{2\pi i}\right)\left(\frac{\partial}{2q}\right)q\right]\psi(q,t)$ $=-\left[\left(\frac{h^2}{8\pi^2 m}\right)\left(\frac{\partial^2\psi}{2q^2}\right)\right]+V\psi=-\left(\frac{h}{2\pi i}\right)\left(\frac{2\psi}{2t}\right)$

对这个方程的下列评注在目前的情景中饶有兴趣："必须认识到，波动方程和经典能量方程的这一关联……只具有形式的意义。它提供了描述这个系统的一种方便的方式，对于这个系统来说，通过利用长期以来为经典动力学的作者们所发展起来的术语，我们正在建立波动方程。因此我们有关被称为氢原子的这个系统的大量的直接知识在于大量实验(光谱学的，化学的，等等)的结果。据发现，关于这个系统的一切已知事实都可以通过把这个系统与某一波动方程联系起来而得到关联，并被系统化(以及，我们可以说，得到了说明)。当关于先前没有得到研究的氢原子性质的预言随后被实验证实时，我们对这种联系的意义的信任便增强了。然后我们可以通过给出氢原子的波动方程来描述它；这一描述将是完备的。然而，由于这一描述不易使用，它又不令人满意。当注意到由具有不同质量和电荷的两个粒子构成的一个系统的波动方程和能量方程之间有一种形式的关系时，我们便采用这一描述，由于它提供了描述这一系统的一种简易熟悉的方式，我们说氢原子由两个粒子构成——一个质子，一个电子，它们按照库伦反比平方律相互吸引。实际上我们并不知道电子和质子是以两个宏观带电物体相互吸引的同样方式相互吸引的，因为在氢原子的两个粒子之间的力从来就没有直接测量到。我们所知道的不过是，氢原子的波动方程与以这种方式相互吸引的一个由两个粒子构成的系统的经典动力学方程具有某一形式关系。"——L·C·泡林和 E·B·威尔逊：《量子力学导论》，纽约，1935 年，第 55—56 页。

型就起到了它的作用，并且在由该理论所构成的使用中，它就没有进一步的功用了，那就错了。首先，当理论科学家只表述了一个理论的主要假定时，他的任务还没有完成。他还必须对那些假定加以探究以得到可以对多种多样的实验定律进行系统说明的推理，得到有关在新的实验研究领域中要加以遵循的方向的建议，得到那些有关如何修改实验定律的表述以扩大其有效应用范围的线索。只要实验知识还不完善，只要一个理论作为进一步研究的指南还继续有效，这些就是绝不可能最终完成的任务；在一切这样的任务中，模型继续起着重大作用。比如说，在气体运动理论的历史发展中，该理论的模型就启示了一系列问题：关于分子的直径与分子之间距离之比的问题，关于分子之间各种力的问题，关于分子速度分布的问题，等等。如果只是把这个理论表述为一组不加解释的公设，那么就不会提出这些问题。但这些问题好歹使得从该理论中能够演绎出各种各样的推论，其中一些推论充当了重新表述气体实验定律和认识新定律的指南。这个与牛顿力学相联系的抽象关系模式提供的模型，在19世纪关于光通过一种假设以太传播的理论的发展中，起着类似的作用。[①] 更一般地说，一个模型可能具有启发价值，因为它暗示了对它所包含的理论进行扩展的方法。

但其次，在提示何时可以引入规则来确立理论概念和实验概念之间的对应上，一个理论的模型也有用处。如果把一个理论陈述为一组不加解释的公设，它不显示与某个已知的抽象关系系统的哪怕是形式上的类比，则理论的表述就不会提供理论如何才能应用于具体物理问题的线索。前一章中阐明的那种抽

---

① 参见玛丽·B·赫塞："物理学中的模型"，载《英国科学哲学杂志》第4卷(1953)，第198—214页。

象运算的例子表明,几乎每个人在有效地利用那种演算上都会碰到困难——如果他对那些公设的任何模型都一无所知的话。但是,如已指出的那样,虽然一个模型本身并没有为一个演算的词项确立起对应规则,但还是能够表明哪些理论词项可以与实验思想相联系。比如说,对气体运动理论的通常解释很自然地使我们把"撞击一单位面积的分子的总动量的变化"这一理论表达式与压强的实验概念联系起来;类似地,该模型暗示可以把"每个分子的质量与分子总数之积"这一理论表达式与气体质量的实验概念对应起来;等等。又,根据在一种媒介中传播的波对光学理论进行解释,这使我们可以把该模型中指称波的振幅的理论表达式与照明度联系起来;这种波动解释也暗示了指称波的干涉的理论表达式与在某些实验上产生的光和阴影模式中观察到的暗线有联系。最后,玻尔的原子模型暗示,应该把该理论的形式系统中那些据说是表达了电子跃迁的表达式与那些可以在实验上确定的谱线联系起来。对于模型的这种功能,几乎可以提供无限多的例子,但这里引证的这几个例子就足以表明,甚至在已借助于模型表达了理论的各种思想之后,在理论的扩展和应用中,模型继续具有重要的贡献。

至今还是把重点放在模型在理论的建构和应用中的启发式价值上,然而不应忽视这一事实:模型对于获得范围广泛的说明系统也有贡献。按照一个熟悉的模型表达的一个理论,在一些重要的方面类似于那些据认为适用于该模型本身的理论或定律,因此新理论不仅同化了已经熟悉的东西,而且往往可以被看作是对原来那个应用范围比较有限的旧理论的扩展和推广。从这个角度来看,新旧理论之间的类比不仅是开拓新理论的一种辅助手段,而且是许多科学家在建构说明系统中要心照不宣地努力获得的一种迫切需要的东西。实际上,一些科学家已把这

种类比的存在看作是对实验定律进行令人满意的理论说明所不可缺少的明确要求。[①] 反过来，甚至当一个新理论确实系统地组织了大量实验事实时，如果该理论和某个熟悉的模型之间缺乏显著的类比，则这有时被当作何以这个新理论没有对那些事实提供一个“真正令人满意”的说明的理由。开尔文勋爵对力学模型的过分溺爱便是这种态度的一个众所周知的例子；由于他不能为麦克斯韦的光的电磁理论设计一个令人满意的力学模型，他对这个理论从来不感到心安理得。最近，一位著名的物理学家已经论证说，一个能够得到形象化的模型的理论与一个得不到这种模型的理论一样好，假若这两个理论都能使我们同样好地处理实验问题的话；他已弄清楚在后面这一点上，当代量子力学的数学形式系统取得了异乎寻常的成功，尽管对于量子理论来说，还不知道任何这种令人满意的模型。不过，由于量子力学没有对实验事实提供任何“说明”，同许多物理学家一样，他也自动地产生了一种令人不适的失落感——他把这种失落感归因于我们不能为这个理论构造任何物理模型，而在这样的物理模型中，“元素的相互作用为我们所如此熟悉，以至于我们把它们接受为勿需说明的”。[②] 科学家用许多方式偏爱各种模型——不论是实质性模型还是纯粹形式模型，这是一个历史记录的事实。那些以不熟悉的模型为基础的理论，往往会遇到强大的阻力，直到新思想失去了陌生感。这样，作为一个方针问题，新的一代往往会接受前一代人由于不熟悉而看作是不能令人满意的模型。不过，毫无疑问，某种模型——不论是实质性模型还是形

① 参见N·R·坎贝尔：《物理学的基本原理》，剑桥，英国，1920年，第129—130页。

② 参见诺尔曼·R·布里奇曼：《物理学理论的本质》，普林斯顿，1936年，第63页。

式模型——在科学理论的发展中已起着且继续起着首要的作用。

不过,按照某个模型来表述一个理论也不是没有危险,一个模型既可以是一个潜在的智慧陷阱又可以是一个无价的智慧工具。主要的危险是双重的:可能会错误地认为一个模型(尤其是一个实质性模型)的某个非本质的特点构成了它所包含的理论的一个必不可少的特点,模型可能与理论本身相混淆。因此,理论的开发可能会被引到无益的方向上去,对假问题的追求又可能会分散对理论的有效意义的注意。这样,光的发射理论是在沿着一致均匀的直线运动的抛射体的形象上建立起来的;有理由认为这个形象耽误了光的周期性的发现。另一方面,光的波动理论起先是建立在声波模型的基础上;光,像声音一样,作为一种纵波运动的概念在光的波动理论的进一步发展中明显地持续了达一个世纪之久,直到由于吸纳了不同的模型,光波才被假设是横波。又,肌肉工作中的紧张感是力的概念的原本;这个模型成为如此之多的错误概念的根源。结果,为了消除这个容易引起拟人化联想的概念,已经费了很多的周折。类似的是,当理解当代量子论时,碰到的一些困难,部分地是由于在阐明这个理论时使用了一个粒子模型。该模型所设想的粒子是"经典"粒子——每个粒子在任何既定的时刻都具有一个确定的位置和速度。但是,按照量子论,不能同时把确定的"位置"和"速度"指派给该理论所设定的亚原子"粒子"。因此这些理论"粒子"不是经典粒子。这样,这个模型在这点上是无助的;相反,它往往是有关量子论含义的一些错误观点的源泉。

不过必须承认,无法预先断定一个既定的模型对于一个理论的富有成效的发展来说,是不是一个障碍,因为通常只是在已经尝试了一个模型之后,人们才能断定它的哪些特点使研究走

入死胡同,哪些特点具有启发价值。可以确信无疑地确立起来的唯一一点是,一个理论的模型不是理论本身。因此,作为进行系统说明和预言的工具,一个理论的合适性不能不经进一步的审视就用来证实借以对理论进行解释的实质性模型的诸方面的物理实在性。当对于同一个理论,已经知道了几个模型时,这一点是明显的,但是只能得到一个模型时,这一点同样有效。[①]例如,在19世纪期间曾按照在一种发光以太中的机械应力和涡流

---

① 亨利·彭加勒给出了一个著名的证明,即:如果能给出对于一个现象的一个力学说明,那么就可以构造无限多的其他说明。这个证明在于指出,把假设模型中的质点的位置和动量的坐标与该现象的那些可以在实验上确定的参量联系起来的方程的数目,远比这些参量的数目要多。由此推出,只要遵从这一要求,模型的坐标是可以任意选择的,这个要求就是:这些坐标满足符合那些方程的某个假设定律。详细地说,论证是这样的:设那些能在实验上确定、且指定了所研究的现象的参量是 q_1,$q_2 \cdots q_n$。这些参量相互间联系起来,并且通过我们假设可以表示为微分方程的定律与时间 t 相联系。现在假设存在着一个由大量分子 p 构成的一个模型,那些分子的质量是 m_i,位置坐标是 $x_i, y_i, z_i (i=1、2\cdots p)$。我们假定能量守恒原理对于这个模型适用,这样就有一个 3p 坐标 x_i, y_i, z_i 的势函数 V;这些分子的 3p 个运动方程就是:

$$m_i \frac{d^2x_i}{dt^2} = -\frac{\partial V}{\partial x_i}$$

对 y 和 z 有相似的方程,而系统的动能就是:

$$T = \frac{1}{2}\sum m_i(x^2 + y^2 + z^2)$$

这样:

$$T + V = 常量$$

如果我们能确定势函数 V,能把 3p 个坐标 x、y、z 表示为参量 q 的函数,则这个现象就有了一个力学说明。

但若我们假设存在着这样的函数,以至于:

$$x_i = \phi_i(q_1、q_2\cdots q_n)$$
$$y_i = \psi_i(q_1、q_2\cdots q_n)$$
$$z_i = \theta_i(q_1、q_2\cdots q_n)$$

那么势函数 V 就能被表示为只是 q_i 的函数,动能 T 就是 q_i 和它们的一阶导数 $\dot{q}_i$ 的齐次二次函数。通过拉格朗日方程,分子的运动定律可以表示为:

对电磁理论提出一种解释，一般来说甚至那个时代的物理学家也没有把这个解释与该理论的实际内容等同起来。相反，即使在说明各种实验定律和精确地预言一类广泛的现象上，这个理论取得了公认的成功，但在那些带头的物理学家的判断中，以太的"物理实在性"仍然没有由此就得到了证实。

最后这个例子清楚地阐明了这一点：一个理论的证据虽然可以势不可挡，但对于断言那些使理论得到表述的实质性模型的各种要素的物理存在来说，这一证据估计可能还不充分。但这个例子也使我们考虑这一问题：是不是可以正确地认为理论断言了任何东西呢？如果是这样，那么理论断言了什么呢？把理论刻划为要么是真的要么是假的陈述是否恰当呢？这就是我们现在将要讨论的问题。

二、描述性的理论观

一般的全称陈述、特殊的科学理论的认知地位一直是一个旷日持久的、没有结论的争论主题。在争论中提出的问题很复杂，不仅涉及到高度技术性的逻辑问题和科学事实，而且也涉及到大量有关意义和知识的本质的哲学考虑。因此，这里不打算

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right)-\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}+\frac{\partial V}{\partial q_k}=0(k=1、2\cdots n)$$

因此，对于该现象的一个力学说明的充要条件是：存在着满足这些要求的两个函数 $V(q_1\cdots q_n)$ 和 $T(\dot{q}_1\cdots\dot{q}_n、q_1\cdots q_n)$，同时有这一明显的附加条件：可以变换该现象的定律以采取指定的拉格朗日形式。这些函数能够被指定，当且仅当：

$$T(\dot{q},q)=\frac{1}{2}\sum m_i(\dot{x}_i^2+\dot{y}_i^2+\dot{z}_i^2)=\frac{1}{2}\sum m_i(\dot{\phi}_i^2+\dot{\psi}_i^2+\dot{\theta}_i^2)$$ 对于 ψ_i 和 θ_i 来说类似。

但由于数目 p 可以随意地大，这个条件总能被满足，而且实际上是以无限多的方式得到满足。——节选自 H·彭加勒《电与光》，巴黎，1890 年，第 ix—xiv 页。

对这个论题来一个彻底的处理。对问题的讨论将围绕着三个主要见解而展开——在物理学理论的认知地位上，这三个见解已得到接受；也就是说，我们将集中于这一问题：理论是不是可以被看作要么是真要么是假的陈述，如果能这样看待，那么是在什么意义上？

按照这种最先的、也是历史上最古老的论述，一个理论实际上不是真的就是假的；虽然一个理论至多只能被证实为“或然的”，但问一个理论是真的还是假的，如同问关于一个陈述的类似问题一样是有意义的，比方说一个关于事实问题的陈述，如“克拉卡托亚在1883年毁于一次火山爆发”。从这一观点中往往引出一个推论，即：当一个理论得到经验证据的充分支持时，必须认为这个理论实指地设定的对象具有一种物理实在性，这种物理实在性至少应与通常赋予棍子和石头之类的熟悉对象的物理实在性相称。

第二个（并且也是历史上最年轻的）关于理论的认知地位的见解认为，理论主要是组织我们的经验、并安排实验定律的逻辑工具。对于获得这些目的来说，虽然一些理论比另一些理论更有效，但理论不是陈述，它们属于一个与陈述所属的范畴不同的语言表达范畴。因为理论是作为分析经验材料或引出推理的规则或原则而发挥作用的，而不是充当推导出事实结论的前提；因此理论不能被有用地表征为要么真的要么假的，或甚至不能被表征为要么是或然地为真要么是或然地为假。然而，采纳这一见解的那些人，在回答是否要把物理实在性指派给原子之类的理论实体上，却不总是一致。

最后，关于理论的认知地位的第三种立场处于其他两种见解之间。按照这种见解，一个理论是对可观察事件和性质之间依赖关系的一个简明扼要的表述。当在表面价值上来接受对

于一个理论的断言时，虽然这些理论不能被恰当地表征为或真或假的，但一个理论可以翻译成为关于观察题材的陈述，就此而论，一个理论还是可以这样来表征。因而这种见解的倡导者主张，在一个理论（如一个原子理论）能被说成是真的意义上，像“原子”这样的理论词项只是对可观察事件和特性的一个复合性的简缩记号，它们并不指代某种在观察上不可接近的物理实在。

我们将首先考虑的第三种观点与这个在历史上有影响的观念相联系，即科学绝不“说明”任何东西，它们只是以一种“简单的”或“经济的”方式“描述”事件的相继和共存。对这一观念已略有述及，但还值得进一步讨论。在对物理学和化学中原子理论的发展的反应中，这一观念为 19 世纪的许多科学家强有力地采纳，因为在他们看来，这些理论不仅对于系统地处理实验事实是不必要的，而且它们还把一种不受担保的绝对优先性赋予牛顿力学。[①] 此外，对科学的这种描述性论述也为许多思想家所信奉，他们拒斥经典的理性主义假定，并试图把科学从对任何不可证实的“形而上学”承诺的依赖中解放出来。不管怎样，描述性论点一开始就被看作是对物理科学本质的精确分析，被看作是向那些据认为阻碍了科学发展的哲学进行斗争的武器。

如已指出的那样，因为“描述”这个词的模糊性，对于科学的描述观的合适性的大多数争论是字面的争论。这个词有一系列广泛的意义，其中没有一个是特许的；描述观的批评者显然还不想把休姆蒂·杜普蒂对爱丽丝的观察——一个词的意思就是那些使用它的人选择来让它意指的东西——放在中心。不过，这个词的一些意义容易混淆起来，描述性论点的倡导者总是还没

① 这些就是在所谓“力能科学”的发展中起着中心作用的问题。

有对其进行区分。[1] 然而，我们目前的兴趣并不在这些问题上，只是在科学的描述观上——就这一观点被解释为一个有关把理论陈述转换成为关于可观察事物的陈述的论点而言。

描述性论点的最激进的形式便是现象主义的知识论对科学材料的始终如一的推广。根据现象主义，在心理上基本且无可置疑的知识对象就是内省经验和感觉经验的"直接印象"或"感觉内容"。而且，如果要避免设定内在不可知(因为在观察上不可接近)的事物，则实际地指称这种假设对象(包括常识物理对象)的一切表达式都必须按照这些直接的资料来定义。因此，含有表达式的每一个经验陈述，如果它含有并非指代直接感觉资料的表达式，那么它在原则上必须可以翻译成为关于直接经验对象的前后关系或共存关系的陈述，同时又不丧失任何可证实的意义。正如关于一个民族的陈述(比如"德国在1870年侵占

---

① 阐明其中有时并未加以区分的两点便足够了。考虑这一实验定律：沿一段小弧振动的单摆的周期与其长度的平方根成正比。如果一位物理学家要通过实施一些实验来检验这一定律，那么其实验结果的报告大概会包括至少如下项目：对所采用的记时仪的论述，对所使用的单摆的有关特点的论述，对观察单摆周期的方法的论述，以及一组有限的数据，这些数据也许是用一张附图中的点来表示的，每个点是对一既定摆长的周期的实际测量。虽然这个报告的语言技术性很强，且高度凝练，但该报告中的这些项目就是在这个词的一个通常意义上的描述。

另一方面，虽然单摆定律也可以称为一个描述，但它是在一个略微不同的意义上的描述。这样，这个定律断言周期和长度的一个普通联系，不仅是对实际考查的摆的周期和长度，而且是对无论什么摆的周期和长度。实际上，即使不应该建造摆长各自为100英尺和400英尺的摆，但这个定律仍可断言前者的周期是后者的一半。而且，这个定律是根据这一假定来作出断言的，即：忽略不计支撑摆锤的绳子的重量，像空气阻力或摆绳和支撑点之间的摩擦这样的因素在足够小的情况下也可以忽略。但这些假定在实际的单摆实验中是不会实验的，因此，这个定律涉及到对实际发生的情况的故意的"理想化"或程式化。因此，如果说该定律是一个描述，那么，它是在与上述不同的意义上(即实际的实验报告是一个描述)是一个描述。因为，与报告不一样，定律"描述"了可能绝不会发生的事情。

法国”)可以转换成一组关于个别人的行为的陈述一样，按照这种现象主义，关于太阳的陈述(如“太阳表面的温度是3000℃”)，也可以转换成为关于感觉内容的陈述。①

另一个在本质上相似，但在某些方面不太激进的描述性的科学观，与如此经常地和现象主义相伴随的原子论心理学割裂开来，与基本的感觉特性是其他一切东西都要成为的终极样本这一假定割裂开来。这个学说的这一变种接受了这个常识概念——通常我们直接观察到棍子、石头、动物、物体的运动和人的行动等等。因此它把日常的“粗俗经验”作为其分析的起点，即使它认识到基于这种经验的判断往往是错误的，必须按照进一步的反思来改正。这个变种所主张的论点是，一切理论陈述都可以转换成为所谓“物理主义的事物语言”陈述，而又不丧失

---

① 这种形式的现象主义在贝克莱、休谟和J·S·密尔的著作中有其历史根源。如同卡尔·皮尔逊、贝特兰·罗素(在其思想发展的一个时期)、P·W·布里齐曼和赫伯特·丁格尔一样，恩斯特·马赫也属于这个群体——至少就在其著作中的一个明确的强调而论。对马赫观点的一个相当有代表性的简洁的陈述如下：“世界是由颜色、声音、温度、压强、空间、时间等构成的，我们现在不把它们称为感觉，也不称作现象，因为一个任意的、单方面的理论体现在每一个术语中，而是，我们径直把它们称为要素。这些要素的流动的确定——不论是直接的还是间接的——是物理研究的真正对象。”——E·马赫《大众科学讲座》，芝加哥，1898年，第209页。马赫的现象主义认识论的最完备的表述包含在他的《感觉的分析》中。

在阐明这一观点上，皮尔逊并不比马赫更难解，他毫不迟疑地接受了对这一观点的一种直接的“主观主义”表述，这是马赫明确地拒绝的。“对我们的心灵来说，最好的训练莫过于力图把我们所具有的对‘外在事物’的感知还原到我们借以了解它们的简单的感觉印象。……在感觉印象之外，在大脑的感觉神经末梢之外，我们得不到任何东西。对于在它们之外的东西来说，对于‘物自体’来说。……我们只能知道一个特征……产生感觉印象的能力。在感觉印象后面存在着产生感觉印象的‘物自体’，在这个陈述中不存在必然性，甚至缺乏逻辑。”——卡尔·皮尔逊《语法和科学》，爱伏雷曼编，伦敦，1937年，第60—62页。对现象主义的新近表述和捍卫，参见A·J·艾耶尔《语言，真理和逻辑》，第2版，纽约，1950年，第7、8章(中译本，上海译文出版社，1981年——译者)。

有意义的内容。这就是说，可以转换成为关于可观察的事件、事物、性质、常识关系和粗俗经验的陈述。因此，按照这个学说的这一概念，理论不过是为了方便而简化的描述这一主张又是一个关于理论陈述的可转换性的论点，虽然这次是转换成为对公共可证实的经验材料进行表述的熟悉语言。①

然而，这儿解释的这两种描述观遇到了严重的问题。

1. 第一个变种为现象主义的这个永久性的难点困扰着：虽然它是一个有关理论陈述可以转换成为感觉材料"语言"的论点，但一种自主的纯粹感觉内容的语言实际上并不存在，也没有构造这种语言的希望。作为一个心理学事实不像房子是从原来孤立的砖块中建立起来的那样，基本的感觉资料并不是建造我们的一切观念的基本经验材料。相反，感觉经验往往是对复杂的、虽然未经分析的性质和关系模式的反应；这种反应往往涉及到使用那些立足于隐含的信念和推理的解释习惯和认识习惯，而这种信念和推理不可能得到任何单一的瞬时经验的保证。因

① 这种形式的描述观有时由马赫暗示。这样："科学知识的交流总是涉及描述，亦即，对思想中的事实的一个模仿再现，再现的目的是要取代和拯救新经验的麻烦。为了节省教育和发现的辛劳，就要寻求简明的节略过的描述。一切自然规律实际上就是这样的。如果了解重力加速度的值，了解伽利略落体定律，我们便有了在思想上再现一切可能的自由落体运动的简明扼要的方向。这样一个公式完全取代了一个完整的落体运动表，因为借助于这个公式，这个表的数据在片刻之间就很容易构造，根本不用耗费最小的记忆负担。"——《大众科学讲座》，芝加哥，1898年，第192—193页。但是，对这个概念的一个更明确的陈述可以在一些认同名为"物理主义"的学说的当代作者的著作中找到。参见奥托·纽拉特，"普遍行话和术语"，载《亚里士多德学会会议录》，第41卷，第171—148页；"记录语句"，《知识》杂志，第三卷，第204—214页；"激进的物理主义和现实世界"，《知识》杂志，第4卷，第346—362页。也参见R·卡尔纳普，"可检验性和意义"，《科学哲学》杂志第3卷(1936)和第4卷(1937年)；然而，卡尔纳普自从该文发表以来，已改变了其观点中的一些要点。

此，我们通常用来描述哪怕是我们的直接经验的语言，是共同的社会交往语言，这种语言包含着以大量的集体经验为依据的特征和假定，它不是那种通过参考概念上不加解释的感觉原子就能确定其意义的语言。

在仔细进行控制的条件下，鉴定那些通过感官就能直接认识的简单特性，有时实际上是可能的。但是这种鉴定是为了进行分析而采取的一个故意的且往往是困难的孤立和抽象过程的结果；没有充分的证据表明，感觉特性除了被理解为这样一个过程的结果之外，还被理解为成分单一的原子。而且，虽然我们可以通过把这些事物称作感觉资料而命名它们，并对它们的不同的类指定不同的名称，但是，除了通过对那些涉及公开的身体活动的过程进行制定的指示外，就无法确定那些名称的用法和意义。因此，只有当我们与粗俗经验对象进行交流的区别和假定被认为是理所当然的时候，感觉资料词项的意义才能得到理解。这样，那些术语实际上是用作常识语言词汇的一部分。总之，感觉资料"语言"不是一门自主的语言，还没有谁成功地构造了这样一种语言。然而，如果确实没有这种语言，一切理论陈述原则上都可以转换成为纯粹感觉内容语言，这一论点从一开始就成问题。

2. 但无论如何，进一步的困难出现在与可转换性概念的联系中。在"可转换"这个词熟悉的意义上，一种语言的一个陈述可以转换成为另一种语言，只有当在后一种语言中存在着一个在意义上(或逻辑上)与这个既定的陈述等价的陈述(或若干陈述的一个合取)时。在这个意义上，从一种自然语言到另一种自然语言的转换是丰富的，尽管在提出来的转换的合适性上偶然会有分歧。例如，理解了汉语和英语的人没有谁会认真地问英语陈述"At constant temperature, the volume of a given mass of a gas is inversely proportional to its pressure"是否是汉语陈述"在恒定的

温度下，既定质量的气体的体积与其压强成反比”的翻译。[①]

科学中的每一个陈述，尤其是每一个理论陈述，在这个意义上或可转换成为现象主义的语言或可转换成为粗俗经验的语言，这有任何证据吗？如果科学中采用的每个题材词项实际上都是经由一个显式定义（或经由替代定义的某个其他变体）引入的——显式定义的题材表达式都属于观察语言，则证据将是结论性的。因为在那种情形中，可以排除在这种语言中不出现的一切科学词项，以支持那些出现在该语言中的词项。但实际上，如已指出的那样，理论概念并不是以这种方式引入的，这样，描述性的科学观的每一个变种，都没有得到实际科学实践的考虑的直接保证。问题依次是，不管实际步骤如何，为了与描述性论点一致，理论词项是不是原则上可以排除？[②]

可转换性论点的支持者已试图表明，回答是肯定的，借助于各种现代逻辑技术，就可以实现这种排除。这些技术其中包括与贝特兰·罗素的进行使用的定义（definition - in - use）和他的不完全符号的概念相联系的手段——这些手段中的绝大多数已在形式逻辑和纯数学基础中得到了富有成效的使用。不过，极其可疑的是，在经验科学的陈述的分析中，这些技术的使用迄今是不是已得出任何证实描述性论点的每个变种的结果。借助于这些技术可以实现的转换的例子难得是从自然科学的具体材料中引来的；甚至于当它们是自然科学中的例子时，这种转换并不是略为详细地实现的。因此，描述性论点不是一个关于过去成就的主张，它充其量不过是一个用来进行未来分析的其实现值得

---

① 原著是用法语陈述与英语陈述作比较，为方便读者，现改为以汉语陈述与英语陈述作比较。——译者

② 这句话按原文应译为“……原则上无法排除”，其中 cannot 疑是 can 的笔误，现按上下文对译文作了改正。——译者

怀疑的纲领，这个结论是难以避免的。[①]

3. 当是在其习惯的意义上来理解时，确立起这个论点的前途是暗淡的，这点已得到一致公认。不管怎样，在当前的讨论中，那个论点已被大大削弱。描述性论点不是在上述形式上被宣称的，而是在这个意义上被宣称的——对每一个理论陈述，存在着与这个既定的陈述在逻辑上等价的观察陈述的一个类，这样就留下了一个未决问题：这个类是有限的还是无限的？从一个例子来看，经过修正的这一点及其后果的意义将是显然的。让我们假设"电流"这一表达式是一个理论词项，对于它来说，合适的对应规则已确立起来。这样，就会普遍承认，"这条导线中现在有电流"（这一既定的时间对一既定的导线断言）这一陈述在内容上并不等价于这样一个条件陈述，比如说，"如果把架子上的电流计接入这个电路，那么该仪器的指针就会偏离其目前的位置"。这一等价性至少由于两个理由得不到。按照理论陈述根本上暗示了任何电流计运作的任何情况的假定，它不仅暗示了关于一个特定的电流计的一个单独的陈述，而且也暗示了一大类数目不定的关于其他一切电流计的类似陈述。因此，如果关于一根导线的原始陈述根本上等价于关于电流计行为的陈述，那么这个陈述必定等价于这些陈述的一个数目不定（也许无

---

① 在现象主义的知识论框架内，确立起这个论点的最雄心勃勃的尝试也许可以在鲁道夫·卡尔纳普的《世界的逻辑结构》（柏林，1928年）中找到。但甚至在这儿，也只是概述了那种要求出现在自然科学中的表达式定义。卡尔纳普以后不仅放弃了他早期的现象主义，而且也放弃了理论陈述可以翻译成为物理主义语言的论点。参见他的"理论概念的方法论特征"，载《明尼苏达科学哲学研究》（赫伯特·费格尔和米歇尔·斯克拉文编），明尼阿波利斯，1956年，第1卷。贯彻卡尔纳普纲领的一个新近努力，看尼尔逊·古德曼的《现象的结构》，坎布里奇，马萨诸塞州，1951年。对罗素试图建立这一论点的详细批判，已包括在拙著《至高无上的理性》中，伊利诺斯，1954年，第10章。

限)的类。

其次,导线中电流的出现是与可观察现象而不是与电流计的行为相联系的。众所周知,光现象、热现象、化学现象以及其他的电磁现象也可以用作判定导线是否带电的证据。因此,那些按照推测等价于这个理论陈述的陈述的类也必须包括关于这些额外现象的陈述。另一方面,要确定这个假设的类的全体成员是困难的,而要一劳永逸地详细指定那个全体成员,一定是不可能的。因为我们无法预测在将来还会作出的实验发现,其中一些发现还会提供更多的(目前猜测不到的)检测导线中电流出现的方式。因此,关于这些还不知道的、但假设有关的现象的陈述,也必须包括在与那个理论陈述等价的类中,这样,这种子句陈述的种类和数目都可能会大于我们在任何既定时间能够指定的种类和数目。因此,对于转换性论点的这种修正是与如下这种可能性相一致的,即:这个假设的类不仅在数目上是无限的,而且也不能被确定地指定。[①]

指定一个假设等价但不确定的观察陈述的类的程序可能是无止境的,是不是可以把这种称为对一个理论陈述进行"转换"

---

① 允许一个理论陈述翻译成为其他陈述的一个无限的类,对可翻译性论点的这一修正部分地已受到数学中一个类似程序的鼓舞。因此,看看这个程序在数学中是如何操作的,这是有教益的。可以详细地表明,关于实数的陈述可以翻译成为关于有理数的无限个类的陈述。比如说,实数 $\sqrt{2}$ 可以定义为有理数 x 的集合,以使 $x^2<2$,实数$\sqrt{3}$定义为有理数 y 的集合以使 $y^2<3$,实数$\sqrt{6}$定义为有理数 z 的集合以使 $z^2<6$。进一步,积$\sqrt{2}\times\sqrt{3}$定义为一切有理数 w 的集合以使 $w=xy$,这里 x 是使 $x^2<2$ 的一个有理数,y 是使 $y^2<3$ 的一个有理数。关于实数的一个陈述$\sqrt{2}\times\sqrt{3}=\sqrt{6}$就可以翻译成为一个关于有理数的无限的类的陈述:"一切这样的有理数——每一个都是其平方小于 6 的一切有理数的集合。"然而,明显的是在这一情形中,这些无限的类是完全确定的,这样在这点上,在数学例子和所提出的理论陈述转换成为观察陈述的一个类的情形之间,有着显著的差异。数学模型不是分析经验科学的理论陈述的合适指南。

的过程，这只是一个语词上的问题。这样一个程序无论如何都不同于通常所理解的“转换”，不同于开始所讨论的这个词的含义。因为，虽然一个科学理论由此可以“转换”成为的这个观察陈述类通过设定在逻辑上等价于该理论，但正是这个类的成员无法得到完全确定——不论是就其种类还是数目来说。

4. 在两种类型的理论之间有时引出了与目前的讨论有关的一个区分。这个区分似乎最先是由 W·J·M·兰克勒在 1855 年明确表述的，此人是一个物理学学派的奠基者之一——该学派力图把热力学发展成为一门统一的自然科学体系(称为“力能科学”)的基础。兰克勒宣称有两种构造一个物理学理论的方法。由他所说的“抽象”方法形成的理论，据说是表述了“为感官所感知”的对象类或现象类共同具有的性质之间的关系，而且这种理论并不设定任何“假设的”或猜测的东西。这种理论(被五花八门地称为“抽象的”、“现象学的”或“宏观的”)的例子便是牛顿力学和引力理论、傅立叶热传导理论，以及经典热力学。由第二种方法即“假设”方法形成的理论断言了“对感官来说不明显”的假设实体之间的关系；这种理论的经验有效性只能按照它们的推理与观察结果和实验结果是否一致来间接加以判断。这种理论(往往用“假设的”、“超验的”、“微观的”来称呼它们)的熟悉例子是气体分子理论、光的波动理论，以及各种关于化学反应的原子论。牛顿的著名格言“不作假设”往往被认为意味着他拒绝接受这种类型的理论。兰克勒认识到假设性理论的启发价值，但是他认为这种理论的使用只是构成了抽象理论发展的一个准备阶段。因为他相信抽象理论比假设性理论具有明显的优点，这种优点表现在它们不受关于物理现象的“神秘”成分的假定束缚，表现在它们获得了“那种属于被观察事实的确定性程度”的能力，表现在它们具有把“一切物理学分支融入一个体系”的伟大

前景。[①]

随后的物理学史还没有证实兰克勒关于抽象理论的优越性主张。实际上，物质的原子论在预言新现象和系统地统一大部分物理学和化学上所取得的令人印象深刻的成功，已经使许多著名的物理学家相信，人们必须从抽象的理论转向对物理现象有着"更深的"理解、具有更合适的"事物实际上是如何运动"的概念的微观理论。[②] 不过，描述性科学观的倡导者，按照可转换性论点对于这种类型的理论适用即使它并不适用于微观理论这一假定，一般把抽象理论看作科学理论的理想形式。[③] 因此有必要简要地考查一下这两种理论的差异，评价这一主张即可转换性论点至少对其中一种理论是可靠的。

不容置否，这两个理论之间有一个表面上的差异。比如说，牛顿力学和引力理论之类（对宏观对象断言）的抽象理论似乎表

---

① W·J·M·兰克勒："力能科学纲要"，《科学著作集成》，伦敦，1881 年，第 209—228 页，首次发表在《格拉斯洛夫物理学会文集》，第 3 卷，第 6 号。

② 参见乔治·乔斯：《理论物理学》，纽约，1934 年，第 475 页，以及恩里科·费米《热力学》，纽约，1937 年，第 x 页。对于支持这一主张的一些比较有趣的材料的介绍，参见埃米尔·迈耶逊《同一性与实在》，纽约，1930 年。

③ 比如说，E·马赫在其《能量守恒原理的历史和根源》（芝加哥，1911 年，1872 年德国初版）中极其明确地阐述了这一见解："在自然的研究中，我们必须只处理现象之间联系的知识。在现象之后我们表达给自己的东西，只存在于我们的知性中，对我们来说只具有记忆技能或公式的价值，其形式由于是任意的、不相干的，因此很容易随着我们的文化观而变化"（第 49 页）。进一步可参见第 54—55 页，也可看这一陈述："奠定科学基础的根本上勿需再理解的东西（亦即我们把较为复杂的事实所还原到的最简单的事实）必定是事实，或者，如果这些东西是假设，它们必须能变成事实。如果是这样来选择假设，以至于它们的题材无法诉诸感官，因而也无法得到检验，比如在力学的分子理论的情形中，则研究者所从事的就不仅仅是科学，科学的目的是研究者所需要的事实——这个职责以外的工作便是祸害……。在一个完备的理论中，假说的细节必须对应现象的一切细节，适合于这些假设事物的一切规则也必须能直接传递给现象。但是这样一来，分子就不过是一个无价值的映像"（第 57 页）。

面上并未设定任何“隐藏的”猜测机制，这与热分子理论如此明确地设定了这样的机制很不一样，它们比分子理论“更接近”于观察和实验事实。然而，由此推断说在前几章所讨论的意义上，牛顿理论实际上不是一个“理论”，它实际上是一组实验定律，那就错了。因为牛顿力学的根本概念不是实验思想，即使这些基本概念是由实验思想启示的并对应于这些思想；它们只由该理论的公设隐含地规定。在绝对时间和绝对空间概念的情形中，这是明显的，这两个概念在牛顿对该理论的表述中是基本的，牛顿已经鲜明地把它们与相对空间和相对时间的实验思想区分开来。但这一点对于牛顿理论中采用的其他术语同样有效，比如说“质点”、“瞬时速度”、“瞬时加速度”和“力”。因此，当严格地分析“一个质点的瞬时速度”这一表达式时，这个表达式指称一系列无限的比值的极限，这样一个质点的瞬时速度不能由公开的实验手段来决定。[①] 当分析抽象理论的其他标准例子，比如说傅立叶热传导理论或经典热力学时，这一点也同样得到了证实。因此，抽象理论与假设性理论一样享有那些把理论与实验定律区分开来的特点。

抽象理论和假设性理论之间的不同看来是在别处。[②] 不管一个假设性理论是否要经由某个可以形象化的模型来解释，然而不是它的一切基本词项都要通过对应规则与实验概念相联系。另一方面，在一个抽象理论中，每个由公设定义的词项似乎

---

① 对力学的基本概念的更详细的论述见下一章。

② 第150页注③引用的马赫的那段文章的倒数第二句暗示了这一差别。诺曼·R·坎贝尔已在其《物理学的基本原理》第6章及其《科学是什么》(伦敦，1921年)第5章、第6章中独立地详细说明了这一差别。一个有些类似然而是在一个不同的哲学背景下发展起来的分析，可以参见亨利·马格诺的《物理实在的本质》，纽约，1950年，第5章。

都要经由对应规则与实验概念等同起来。这样，傅立叶热传导理论是由一个偏微分方程来表述的，该方程在数学表述中包括下列表达式："在一个无限长的厚平板上一个任意点的坐标"、"时间"、"在一个点的温度"、"在一个点的密度"、"热传导性"、"比热"，[1] 这些理论词项中的每一个都与一个实验概念相对应。类似地，牛顿引力理论采用了质量、时间、距离和瞬时加速度的概念，这些概念中的每一个也都与某个可以在实验上决定的量相联系。

正是这种情况导致了抽象理论就是实验定律的现象，并且使得为抽象理论提供一个可以形象化的模型变得较为容易。而且，在过去，一般是密切类比于在有限的研究领域中先前确立起来的实验定律，来构造抽象理论的。例如，热传导的实验研究先于傅立叶的热分析理论；首先发展起来的实验思想和实验定律最终暗示了该理论的理论概念和数学形式。在其他的抽象理论（例如牛顿力学或麦克斯韦的电磁场理论）和先前的实验研究结果之间，类似的历史联系同样有效。不过，尽管在抽象理论和实验定律之间存在着这种有力的类比，但鉴于所阐明的理由，这种类比并不支持那些理论就是实验定律的主张。[2]

因此，就抽象理论和假设性理论都可以转换成为观察语言

---

① 该方程是：

$$\rho c\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)=\lambda\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right)$$

这里 ρ 是密度，c 是比热，θ 是温度，t 是时间，λ 是热传导性，x、y、z 是一个点的坐标。

② 对抽象理论不引入"假设性"或猜测性假定之主张的严厉批判，以及对抽象理论和假设性理论作为理论本质上并无不同之观点的捍卫，包含在路德维希·玻尔兹曼的论文"论力能学的数学"和"关于自然科学中原子论的必要性"中，这两篇文章均载在其《通俗文集》，莱比锡，1905 年。

而论，这两种理论处境相同。但不管怎样还没有谁成功地表明这两种类型的理论都可以这样来转换——哪怕是原则上；对于这两种理论来说，可转换性论点还不是对任何实际理论的确认本质的描述，它不过是对理论陈述进行分析的一个高度引起争议的纲领。按照我们一直在考虑的关于理论的认知地位的观点，由此推出，真理和谬误无法被恰当地断言为任何目前的物理理论的属性，这种断言至少要等到该理论可以转换成为观察语言时才行。这样，现在讨论的观点实际上与早先提到的第二个见解一致，按照那个见解，最好是把理论看作对研究进行处理的工具，而不是看作可以有益地对其提出真、假问题的陈述。

三、工具主义的理论观

具有科学理论的地位（我们可简称为地位）的“工具主义”观点，已得到多种多样的表述。[1] 虽然在其中一些表述之间存在着重大差异，但个别地考虑这些表述与目前讨论的目的无关。不管怎么说，这个见解的功过并不完全属于任何一个特定的表述。它的力量来自于它对一个理论在科学研究中的实际功能的关注，来自于由于这种关注，它克服一些困扰着其他可能见解的困难的能力。

工具主义观点的核心是：一个理论既不是一个总结性描述，

---

① 参见C·S·皮士兰：《选集》（坎布里奇、马萨诸塞州）第2卷（1932年）第354页，第3卷（1933年）第104—106页，第5卷（1934年）第226—228页；弗兰克·P·兰姆赛：《数学基础》，纽约，1931年，第194页以下，第237—255页；莫里茨·石里克：《论文全集》（维也纳，1938年）第67—68页；约翰·杜威：《对确定性的探求》（纽约，1929年）第8章；吉尔伯特·赖尔：《心的概念》（纽约，1949年）第120—125页（中译本，上海译文出版社，1988年）；斯蒂芬·图尔敏：《科学哲学》（伦敦，1953年）第3、4章。

也不是对现实资料之间关系的一个普遍化的陈述。相反,理论被认为是分析和符号地表达某些经验材料的规则或原理,同时也是以某一技术从其他的观察陈述推导出某些观察陈述的工具。比如说,气体是迅速运动的分子体系这一理论不是对已被或能被观察到的东西的描述。相反,这个理论是一条规则,该规则规定了出于某些目的,符号地表达像气体的可观察的压强和温度这样的东西的方式;这个理论其中表明了,当提供了某些关于气体的经验资料并把这些资料结合进入那一表达时,我们就能算出升高那一气体的温度所需要的以某个指定的度数来计量的热量(亦即,我们就能算出那一气体的比热)。因此,气体的分子理论既不在逻辑上蕴含着任何关于观察题材的陈述(在工具主义观点的某些倡导者看来),因而也不为这样的陈述在逻辑上蕴含着。该理论的存在的理由(raison d'êter)是充当从一组实验资料到另一组实验资料进行逻辑变换的规则或指南。更一般地说,一个理论是在充当一个"指导原则"或"推理计划"——按照这个指导原则或推理计划,可以从一些既定的事实前提中推出关于可观察事实的结论,一个理论并不充当由此获得这些结论的前提。

从这一论述中可以直接得出几个推论。

1. 一个理论是对现实陈述的一个类的"方便的速记",与此相关,一个理论必须可以转换成为观察语言,这两个观点都是理解理论功能的离题的、令人误置的方法。如果有可能表明一个理论在逻辑上等价于观察陈述的某个类,那么一个理论处理研究的价值就不会得到提高,对物理学中的任何理论来说,不能确立起这样的等价性,当解决具体的实验问题和系统地把实验定律联系起来时,理论作为分析经验材料之工具的重要性并没降

低。而且，从工具主义观点的角度来看，问一个理论除了具有由它在研究中的组织作用所揭示的意义和指称之外，是不是还具有一个“富余的意义”，以及其“事实指称”是什么，这并不是毫无道理的。因为这个问题实际上暗中假定了可转换性论点的一个经过修改的变种，按照这个变种，一个理论虽然在意义上并不等价于观察陈述的一个类，但必须把它解释为等价于某个其他的、与该理论本身不同的事实陈述的类。这样，这个问题就使我们在寻求答案上误入歧途——不是在一个理论实行其功能的实际研究情景中来寻求答案，而是按照有关如何确定理论的意义的任意先见来寻求答案。

一个简单的例子或许有助于弄清工具主义在这点上的见解。一把锤子是故意设计出来的工具，用它可以使形形色色的“原材料”进入确定的关系之中，结果得出了像包装箱、家具和建筑物这样的东西。无法一劳永逸地指定一把锤子的用处，使用一把锤子而得出的产物在数量和种类上都可能会增加。如果有人建议说一把锤子在任何熟悉的意义上“等价”于以锤子作为手段所产生或可以产生的东西，那么我们就会认为那是胡说；我们也会认为如下问题有些古怪，即一把锤子是不是合适地“表达”了使用它而得出的产物，或者，除了这些产物之外，这把锤子是不是还“指代”了使用它而产生的一套更多的“剩余的”东西。然而，按照工具主义的理论观，理论在一些重要的方面类似于锤子和其他物理工具，即使这个类比在许多问题上明显失效。理论是智慧工具，不是物理工具。理论是一种概念框架，它们被精心地设计出来以有效地指导实验研究，并揭示那些要不然就会被认为是没有关联的观察材料之间的联系。

因此，哪怕是试图把理论转换成为观察陈述的某个确定的类，也不得要领。因为一个理论的功能，像一个物理工具的功能

一样，是帮助组织“原材料”，而不是总结或复制这种材料。据此观点，理论像其他工具一样确实具有一种“事实指称”——亦即指涉那些为了进行探索而构造出来的、并且可以使理论得到有效使用的题材。此外，如果一个理论除了由于它已经得到的专门用途而具有与之相联系的意义外，它还具有一个“富余的”意义，那么它是在如下两种含义之上具有这种多余的意义的：要么是在按照某个熟悉的模型来解释它的含义上；要么是在这样一个更含蓄的意义上——正如在其他工具的情形中一样，理论的一些更多的用处即便只是想象起来才模模糊糊地具有，但这些用处可能比在任何特定的时刻实际指派给它的用处要广泛得多。比如说，当代量子论促使一系列广泛的物理现象和化学现象进入系统的秩序之中。但是物理学家似乎并不相信，这个理论在联系着这些现象上的应用，穷尽了它充当一个指导原则对有待探索的题材进行分析和组织的能力。相反，物理学家们根据该理论所提供的多少有些模糊的建议，继续扩大该理论的用途；除了用于解释量子力学的各种形式系统模型外，这些建议构成了该理论的有效的“富余意义”。

2．按照诸如直线和圆的几何概念，或者瞬时速度、绝对真空、无限慢的膨胀、完全弹性等这样一些更专门的物理的理想概念来表述一个理论，如果说这不是规范的，也是通常的。虽然这些“理想”概念或“限制性”概念可以由经验题材提示出，但在很大程度上，这些概念不是描述实验上可观察的东西。实际上，在理想概念的一些情形中，当在字面意义上来理解理想概念时，它们不可能是用来表征现存事物的。比如说，只有当一个物体在一个有限的不成为零的时间间隔内通过一个有限的不为零的距离运动时，我们才能给予该物体一个速度。但瞬时速度是被定义为当时间间隔趋近于零时，距离和时间之比的极限。因此，很

难明白这个极限值怎么能够成为任何实际速度的测度。

不过，在构造一个理论时使用限制性概念是有理论根据的。借助于限制性概念，一个理论才能得到相对简单的表述——不管怎样，足够简单以便它容易由可以得到的数学分析来处理。的确，简单性标准是模糊的，这些标准部分地受思想方式和一般的知识系统的支配，它们也随着数学技术的改进而变化。但无论如何，简单性的考虑无疑进入了理论的表述中。不管一个理论是不是会采用简化的概念，与另一个使用比较“现实”的概念的理论相比，如果它符合某一既定研究的目的，并比后者处理起来更方便，那么一般来说它更为可取。

另一方面，在理论的表述中使用限制性概念，这给如下观点提出了困难，即可以有意义地把事实真理或事实谬误断言为理性的属性。因为一个事实陈述通常被说成是真的，如果它表述了在存在的事物和事件(在“存在”的整个时间意义上)之间或者存在的事物和事件的性质之间的某个指定关系。然而，如果一个理论表述了那些并没有(或无法)实指地表征存在事物的性质之间的关系，那么还不清楚在什么意义上可以说该理论事实上是真的还是假的。

这一观点存在的类似困难是由这一情况提出的：不管是不是根据某个模型向一个理论提供解释，一般来说，一个理论含有没有得到对应规则的词项。因此，没有实验概念与这些词项相联系，这样那些词项实际上具有变量的地位。然而，虽然这种词项进入了那些具有陈述之语法形式的表达式中，但许多这样的表达式实际上根本不是陈述，而只是陈述形式。例如，考虑这一表达式：“对任意 x，如果 x 是一只动物且 x 是 p，那么 x 是一只脊椎动物。”这具有一个陈述的语法形式；然而，由于它含有另外没有指定的谓词变量“p”，它是一个陈述形式，不是一个陈述，无

法把它表征为要么真的要么假的。如果以一个确定的谓词比如说"哺乳动物"来代替这个谓词变量(或与之相联系),那么这个陈述形式便得出一个陈述。[①]这一点可以用从实际物理理论中引来的例子加以证明。我们已经指出,在气体分子理论中,"一个个别的分子的速度"这一表达式没有对应规则,虽然"一切分子的速度的平均值"这一表达式有着对应规则。类似地,在量子力学的薛定谔方程中,表达式 $\psi(x,t)$被用来表征一个电子的状态。对于表达式 $\psi(x,t)\psi^*(x,t)$来说,实际上存在着一个对应规则(这里 ψ^* 是 ψ 的共轭复数),但对 $\psi(x,t)$本身来说没有对应规则。因此,表面上来看,含有这种词项的理论是陈述形式,不能说它们是真的还是假的。

对于工具主义的理论观来说,这些类似的困难就不会出现,因为按照这一观点,关于理论的恰当问题不是它们是否为真,而是它们是不是表达和推断实验现象的有效方法。理论含有那些对实际不存在的东西进行指谓或描述的表达式,或理论含有不与实验概念相联系的表达式,这个事实实际上被认为证实了如下主张,即理论必须按照它们在研究中作为媒介的、工具的功能来加以分析,而不是按照它们作为对某个题材的客观描述的合适性来加以分析。从这个观点来看,比如说,气体分子运动理论采用了质点、瞬时速度、完全弹性之类的限制性概念,这并不是它的瑕疵。因为该理论的任务并不是忠实地描绘气体的蒸发,而是提供一种对气体的某些性质进行分析和符号处理的方式,以便在具体的实验情形中,当可以得到关于这样一些性质的信

---

① 从陈述形式中得到一个陈述的另一方法是对谓词变量进行"量化",比如说,这样就得到:"存在一个性质 p,以致于对任何 x,如果 x 是动物且 x 是 p,那么 x 是一只脊椎动物。"

息时，这个理论可以按照所需要的精确度推出关于其他性质的信息。

类似地，在研究气体的热学性质时，我们使用了一个把气体分析为离散粒子的聚集体的理论，虽然当我们研究与气体相联系的声学现象时，我们采用了一个把气体表达为连续介质的理论，这种做法并不会给工具主义的见解带来麻烦。当被解释为或者是真或者是假的陈述时，这两个理论表面上看来是互不相容的。但当被解释为推理技术或推理的指导原则时，这两个理论是虽不同但互补的理论，每一个理论都是处理一系列专门问题的有效的智慧工具。不管怎样，在使用一个理论来处理一类问题，并使用一个明显不一致的理论来处理另一类问题时，物理学家不会感到有什么明显的内疚，在处理光的衍射和偏振问题时，他们采用了应用范围较广的光的波动理论——按照这个理论，光现象是按照周期性的波动来表示的，但在处理反射和折射问题时，他们却继续使用较为简单的几何光学理论——按照这个理论，光被分析为一种直线传播。在运用量子力学来分析谱线的微细结构时，他们引入了基于相对论的考虑；在运用量子论来分析化学键的本质时，他们又忽视这样的考虑。这种例子可以加倍举出；如果它们没有证明什么其他的东西，它们至少表明，在理论用于实验研究时，理论的字面上的真实性不是主要关心的对象。

但是，除了在相当天真的意义上理论是人类的创造外，不能由此推出，按照工具主义的观点，理论是"虚构"。因为在这个词的贬义上，说一个理论是一个虚构便是宣称该理论并非对事实为真，这不符合工具主义的这一见解，即真理和谬误是对理论的不合适的表征。符合这一见解，确实可以认为借以对理论进行解释的许多模型是虚构（在一些情形中，模型甚至是明确作为虚

构引人的,开尔文勋爵的以太力学模型便是一个例子)。在坚持这一点上,人们只是断言,要么没有支持这些模型的物理实在性、并满足某个假设标准的经验证据,要么按照这个标准,可以得到的证据是否定性的。另一方面,认识到某些理论优越于其他理论——要么因为在作为一个进行研究的有效的指导原则上,一个理论比另一个理论有更广泛的应用范围,要么因为一个理论提供了这样一种分析和表达方法,该方法使它有可能比另一个理论作出更加精确和更加详细的推理,这也符合工具主义的观点。然而,一个理论在研究中是一个有效的工具,只有当事物和事件实际上是这样联系,以致于该理论使得我们能够从特定的实验资料中推出的结论,一般应与进一步的观察材料取得较好的一致。如同在其他工具的情形中一样,一个理论作为一个工具的有效性,或者它比某个其他的理论的优越性,因此也取决于一个研究题材的客观特征,取决于某种不属于个人的一时兴致或偏爱的东西。

3. 工具主义的理论观可以由形式逻辑中一个有趣的定理来阐明,并得到这个定理的一定程度的支持,这个定理称为克雷格定理。[①] 我们将解释这个定理,但略去一些技术上的复杂性和细致的问题。设L是某个"语言",例如物理学语言,它不仅包含形式逻辑词汇中习惯包括的惯用语(比如说,"如果……那么","非","对每一个K"),而且还包含着两类表达式——一类表达式O指示那些在"可观察的"这个词的某种假定的意义上是"可观察的"事物和性质(如"铜线"、"绿色的"、"长于……"),

① 威廉·克雷格:"论一个系统内的公理化",《符号逻辑杂志》第18卷(1953年),第30—32页;不太具有技术性的形式见"辅助表达式的取代",《哲学评论》,第65卷(1956年),第38—55页。

另一类表达式 T 是那些算作“理论”表达式的表达式(如“电子”、“光波”)。L 的每个非逻辑的表达式规定属于 O 和 T 这两个类。进一步,设 L 是一个“形式系统”,因此满足一些事实上不能为实际的物理语言满足的条件。首先,L 的词汇被完全指定,并且制定了明确的规则,以便从 L 的词项中构造出陈述。对于一个陈述来说,如果构成它的一切非逻辑表达式都属于 O,则称之为“观察陈述”;而如果一个陈述至少包含属于 T 的一个表达式,则称之为“理论陈述”。其次,在 L 中得到允许的推理是在一个确定的逻辑推理规则集合 R 中整理出来的。第三,L 以一种从几何学中了解到的方式被公理化。

但是关于这种公理化,还需要补充说些东西。设 W 是 L 中那些实际为真的一切陈述的类,不论这些陈述为真是因为它们是逻辑上必然的,还是因为它们正确地表述了只是偶然为真的东西;设 W_O 是 W 中的那些不能保证在逻辑为真的观察陈述的集合;设 W_T 是 W 中类似的理论陈述的集合。L 的公理 A 一般来说是 W 的一个真子类,这样在 W 中有一些陈述,它们在逻辑上不等于 A 中的某些公理。此外,此刻已明显的是,就 L 是对实际物理语言的一个还算忠实的(虽然是理想化的)表达来说,这些公理将既包含理论陈述又包含观察陈述。一些观察陈述将被包含在公理中,因为不是一切真的观察陈述都可以只从理论陈述中推导出来。另一方面,公理中也必须包括理论陈述,因为许多观察陈述无法根据直接的观察依据被断言为真(例如,关于过去事件的观察陈述),除了借助于某个理论以外,这些观察陈述也不能从其他已知为真的观察中逻辑地推导出来。不管怎样,这些公理,加上按照推理规则 R 从这些公理推理出来的一切陈述,将构成 L 的真陈述的类 W。然而,由于假设只是 W_O 的陈述表述了可观察的东西,因此我们将规定,L 的“经验内容”是

由 W_0 这个陈述类——一个可以有限也可以无限的类——决定的。因此，如果其余情况保持不变，则没有任何有关（比如说）物理学基本题材的事实资料能够为在两个具有同一经验内容的理论之间进行选择提供依据。

这样，自然就要问，构造一个与 L 有着同样经验内容但不包含任何理论陈述的语言，到底是不是可能的？我们已经联系着理论可以转换成为观察陈述的论点考虑了这一问题，并且推断说这个论点还没有得到证实。但并没有因此排除这一可能性：可以设计出某个其他的方式，它免除了理论但并没有由此削弱一个语言的经验内容。

克雷格定理正与这点有关。克雷格的探讨不同于可转换性论点的倡导者们所追求的探讨。他不打算把理论转换成为观察陈述，而实际上是以另一个不含有理论词项但与原来那个系统有同样经验内容的形式系统，来取代一个含有理论表达式的形式语言系统。更专门地说，克雷格表明如何以下述方式构造一个形式语言 L^*：L^* 的非逻辑表达式是 L 的观察词项 O；L^* 的推理规则 R^* 等同于 R（除了有一些非本质的修改外）；包含在 L^* 的公理 A^* 中的那些非逻辑地为真的陈述才是观察陈述，它们是根据 L 的真观察陈述 W_0 而由一个有效秩序（该程序太复杂，在这里无法描述）指定的。这样可以证明：一个观察陈述 S 是 L 的一个定理，当且仅当 S 是 L^* 中的一个定理，这样 L^* 的经验内容便等同于 L 的经验内容。因此，凡是在 L 中借助于理论而获得的对观察陈述的系统处理，在 L^* 中显然也能没有理论地获得。因此，从形式逻辑的观点来看，理论似乎不是对物理学进行组织的本质工具。

然而，正如克雷格本人指出的，这个结论不受克雷格结果担保。因为除了这一困难——物理学语言不是形式系统，并且由

于它的无法预测地不断变化的特征，它也不可能成为一个形式系统——之外，克雷格构造语言 L^* 之方法的两个特点也严重地削弱了其定理对于科学研究的意义。首先，虽然这个方法表明如何可以有效地指定 L^* 的公理 A^*，但它并不保证这些公理在数目上是有限的(除非 L 中的真观察陈述的类 W_0 是有限的)。这个方法也不保证，如果 A^* 有无限多的公理，或 A^* 含有虽然有限但数量很大的公理，则这些公理将是这样被指定的，以致于人们为了进行演绎而有效地使用这些公理在心理上是可能的。回想一下，通常对各个学科进行的公理化不只是包含数目有限的公理，而且是包含数目相对较小的公理，这就是恰当的。如果通常的公理的数目哪怕只是有限制地大(例如，如果平面几何学需要 100 万个公理)，那么不仅人们不可能记住它们，而且是不是能有意义地建立起定理也是值得怀疑的。[①] 因此，按照克雷格的方法为 L^* 指定的公理可能是如此笨重，以致于对它们不能进行任何有效的逻辑应用。

其次，克雷格方法是这样开始的，对 W_0 中的每一个陈述 S，在 L^* 中存在着一个逻辑上等同于 S 的公理。例如，如果 S 是 L 中真的观察陈述，那么合取 $\langle S \wedge S \wedge \cdots \wedge S \rangle$ (在这里，S 被重复某一可数的次数)是 L^* 中的一个公理。简单地说，L^* 的一切真的陈述实际上就是 L^* 的公理。克雷格方法的这个特点足以使它对科学研究的目的毫无价值。L^* 的这样一个公理集并没有提供对 L^* 的经验内容的简化表述，实际上只是重新表述了它，结果这些公理提供的东西并不比只是列举一系列为真的陈述更

---

① 这一点并不受挫于这一事实：已经在无限多的公理的基础构造出各种形式系统。因为这些系统采用了所谓的“公理图式”——每个公理图式描述了可以在无限多的专门陈述中得到体现的一个公理的独特形式。然而，虽然这种系统中公理的数目是有限的，但公理图式的数目是有限的，且数量较小。

优越。而且，为了指定 L^* 的公理，我们就必须在从这些公理中推出任何推论以前就了解 L^* 的一切真的观察陈述——换言之，克雷格方法向我们揭示如何构造语言 L^*，这只有在对 L^* 的题材的每个可能的研究都已完成以后才行。这点对工具主义理论观的影响昭然若揭。因为这个讨论注意到了这一事实：在科学中，理论之所以重要，主要不是因为它们可能是真的，而是因为甚至在一切观察陈述中都被证实为真（或或然地为真）以前，它们就充当了对观察事实素材进行分析、表述和组织的指南。从克雷格定理中可引出的一条教训是，不管真理和谬误是不是可以恰当地断定为理论的属性，在评价理论在科学中的地位时，这终究不是一个完全有关的问题。

4．但是，现在是指出工具主义观点的一些局限性的时候了。这种观点的倡导者似乎经常相信，一旦理论的工具作用得以确立，这样就表明理论不是能对其谈论"真"、"假"特征的合适论题。然而，在说一个理论是真的和认为理论在研究中执行重要功能之间，并不存在必然的不相容性。没有几个人会否认"纽约和华盛顿特区之间的距离大约是 225 英里"这样的陈述可能是真的，但同时这些陈述在人的计划中起着有价值的作用。实际上，经一致同意，能被有意义地证实为真或假的绝大多数陈述，也能够就其使用对其进行研究。总之，只是因为理论在研究中起着一些必不可少的功用，并没有下列结论：因为不能把理论看作是"真正的"陈述，所以不能就它们的真理或谬误对其进行研究的结论。

而且，把理论表征为指导原则，表征为据以进行推理的规则而不是从中引出结论的前提的那些人，往往忽视这一区分的语境性质。一个推理——比如说这个熟悉的推理：从"凡人皆会死"和"惠灵顿公爵是一个人"这两个前提入手推出"惠灵顿公爵

必死"这一结论——隐含地利用称为三段论原则(形如"x 是 p"的一个陈述是可以从形如"一切 S 是 P"和"x 是 S"的陈述中推导出来的)的纯逻辑推理规则(或指导原则),这在今日已是一个常识。指导原则不是推理的前提,结论不是从它而是根据它推出来的。而且,指导原则是一个形式原则,由于它只指称陈述形式,不管陈述会包含什么题材词项。

然而,现在也普遍地认识到,可以重新构造由一条形式推理规则批准的一个论证,结果同样的结论可以从原来的前提的一个子集中得到——按照一条对已被略去的前提进行补偿的实质性指导原则。于是,从"惠灵顿公爵是一个人"这个单一的推论推出"惠灵顿公爵必死"就是正确的。在这一情形中,指导原则据说就是一个实质性指导原则,因为它提到了在该原则所批准的这类推理中必须出现的题材词项。

另一方面,这一程序一般来说也可以倒过来使用,这样就可以略去一个论证的实质性指导原理,以一个相应的前提取而代之。例如,按照一个"形如'x 将膨胀'的陈述可以从一个形如'x 是铜且 x 将受热'的陈述推出"这一实质性指导原则,"这根铜线将膨胀"的结论就可以从"这根铜线将受热"的前提推出。但没有这个指导原则也能得到同样的结论,我们只需把"一切铜在受热时将膨胀"这一陈述添加到原来的前提中即可。按照这两种方式的哪一种来构造一个论证,显然只是一个是否方便的问题。因此,虽然前提和推理规则之间的区分既是可靠的又是重要的,但一个特定的陈述在一个情境中可以充当一个前提,而在另一个情境中实际上是用作一个指导原则,反之亦然。

这些简单的例子论证的这一结论,显然也适用于理论在其中起着重要作用的比较复杂的论证。例如,在许多情形中,光的波动理论可以被用作或被解释为从其他实验上可鉴定的资料中

推出关于这种资料的陈述的指导原则或技术，这几乎勿庸置疑。这种看待理论的方式使理论在研究中扮演着或许会被忽视的角色，对理论的这一看法也是对这种武断的断言——即某个特定的理论是关于"事物的终极本质"的真理——的一副有疗效的解毒剂。不过不能由此推出理论并不或者也无法充当科学说明和预言的前提，不能真正地作为可以合适地对其提出真理和谬误问题的陈述。

事实上，在科学论文中，在报告理论研究或实验研究结果的文章中，理论往往是作为前提被提出和使用的，而不是作为指导原则。一些最杰出的科学家——在世的和已逝世的——一定已经把理论看作是关于既定题材的构成和结构的陈述；他们是根据这一假定来处理其研究的，即一个理论是某个自然领域的一幅**投影**，而不是一套**反映原则**。众多的实验研究无疑受到这一愿望的鼓舞，即要确定一个理论所设定的各种假设实体和过程(如当代原子物理学中的中子、介子和中微子)实际上是不是出现在该理论所陈述的情形和关系中。但那些旨在于检验理论的研究，是按照这个自明的假定来进行的，即该理论正在证实某些东西，否定其他东西。简言之，既不是逻辑，也不是科学实践的事实，更不是实际工作的科学家的明确声明支持了这一宣言：除了把理论构造为推理技术之外，别无其他有效选择。

而且，如已指出的那样，当把一个理论看作一条指导原则时，对于一个理论所能提出的问题，本质上等同于当把该理论用作一个前提时产生的问题。因为不管一个实质性指导原则是否恰好是一个理论，只有当按照该原则从真前提中推出的结论，在某种规定的程度上符合观察事实时，这个原则才是一条可靠的原则。因此，问一个理论(作为一种推理技术)是否令人满意和问一个理论(作为一个前提)是不是真的，这二者之间的差异完

全是字面上的。

类似地，必须限制一些工具主义的倡导者提出的这一主张：没有任何理论在逻辑上蕴含着任何关于观察事实的陈述。如果把一个理论解释为一个指导原则，这个主张显然是可靠的，由于一条推理规则不是实际研究前提，不是一种人们能够对其说它保证了事实结论的东西。这个主张也是可靠的，如果把它理解为断言：即使把一个理论用作一个前提，仅从该理论也推不出任何例示性的结论，只有当向该理论提供了合适的对应原则，只有当把适当的初始条件陈述补充为前提时，这种推导才有可能。另一方面，甚至在这些附加条件得到满足时，如果该主张认为没有任何关于可观察事实题材的陈述由一个理论所蕴含，则这一主张显然是错误的。因为每当以这种指定的方式使用一个理论时，这个论点就遭到反驳——比如说，当光的波动理论被用来说明光学透镜的色差时。

必须对工具主义观点作一最终的评注。已经简要地指出，这种观点的倡导者没有对微观理论明确设定的各种“科学对象”(例如电子或光波)提供一致的说明。但还可以提出一个更深的要点：远没有搞清楚的是，按照工具主义的观点，怎么能把这种“科学对象”说成是物理上存在的东西。因为如果一个理论就是一条指导原则——一个根据表达现象的方法进行推理的技术——那么像“电子”、“光波”这样的词项大概就只有充当表达规则和推理规则中的概念联系了。于是，表面上看来，这种词项在指导研究和组织观察材料中所起的作用就穷尽了它们的意义；按照这种看法，似乎就要排除这一可能性，即这种词项可能会指称那些在严格的意义上并不属于现象的物理上存在的事物和过程。在这个问题上，工具主义的倡导者实际上有时干脆就自相矛盾。这样，当主张物质原子论不过是一个推理技术时，一些作

者仍然在认真地讨论原子是否存在的问题,他们已论证说证据足以表明原子确实存在。其他人则明确地断言,原子和其他“科学对象”是对各种变化之间的关系的普遍化的陈述,不可能是个别的存在事物;但他们已不得不声称,原子处于运动之中,而且具有质量。这种矛盾表明,对这种矛盾负疚的那些人,实际上并不准备把关于一个理论的真理和谬误的问题作为一个不合适的问题排除掉。不管怎样,承认这种问题在逻辑上的正当性,同时又认识到理论的重要的工具作用,显然不是矛盾的。

四、理论的实在论观

那么,不管在这一观点中已被指出的困难,理论“确实”是可以有意义地断定其真假的陈述吗?已有足够的事实表明,对这一问题,不论是作肯定的或否定的回答,给出的回答不一定完全合理。实际上,对这个问题的回答持有分歧的那些人,其分歧往往既不是在那些属于实验研究领域的题材上,又不是在形式逻辑问题上,更不是在科学方法的事实上。导致他们发生分歧的东西,部分是对不同的知识传统的忠诚,部分是对我们的语言适应普遍认可的事实的适当方式的有意偏爱。在科学和哲学中,许多杰出人物已认为把理论表征为真陈述或假陈述,是唯一合适的,与此同时,另一些并不逊色的科学家和哲学家则类似地主张应把理论描述为研究工具,这是一个历史记载的事实。然而,每一种观点的捍卫者都不能只靠引证权威来支持其见解;只要有一点辩证的机智,他通常就会把这种刺激从对其见解的严重异议中消除。因此,可以无限期地延长这个旷日持久的争论,即究竟哪一个观点才是解释理论的合适方式。从这种争论中要引出的明显教训是,一旦这样来陈述这两种见解,以便每个见解都

能对付它所面临的明显困难,则哪一个见解是“正确见解”的问题就只具有术语上的兴趣了。

1. 让我们考虑现在讨论的各种观点遇到的主要障碍,先从理论作为真陈述或假陈述的概念所面临的障碍开始。

a. 一个理论不是一个陈述,而是一个陈述形式,这个观点首先就有一个纯粹形式的困难。因为,如常常发生的那样,如果一个理论的某些词项不与任何对应规则相联系,则那些词项实际上是变量,这样表面上看理论就不满足对陈述的语法要求。用一个形式方法可以对付这个困难,这个方法首先由兰姆赛明确提出。[1] 这个方法在于引入所谓的“存在量词”作为陈述形式的前缀,结果得到的表达式在形式上就是一个陈述。例如,表达式“如果一个人有特性 P,那么这个人有蓝眼睛”是一个陈述形式;但通过加上“存在一个特性 P”这一前缀,我们就得到了这一陈述“存在一个特性 P,以致于如果一个人有 P,那么这个人有蓝眼睛”。类似地,假设“质量”和“加速度”这两个词项与对应规则相联系,“力”这个词项不与对应规则相联系。这样表达式“如果一个物体在运动中发生变化,那么该物体的质量和加速度之积等于作用在其上的力 F”实际上是一个陈述形式,从这个陈述形式我们可以得到“如果一个物体在运动中发生变化,那么存在着一个(可测量的)性质 P,以致于该物体的质量和加速度之积等于 F”这一陈述。更一般地说,设“T(M、N、P、Q)”是一个理论,该理论的理论词项“M”和“N”与对应规则相联系,而理论词项“P”和“Q”不与对应原则相联系,这样“T(M、N、P、Q)”按假设就是一

[1] 弗兰克·P·兰姆赛:《数学基础》,纽约,1931 年,第 212—231 页。

个陈述形式。于是“存在着一个 P，存在着一个 Q，以致于 T(M、N、P、Q)”便是一个陈述。因此，通过使用兰姆赛方法，由于从一个理论推导出的观察推理没有被改变，那个方法便足以挫败这里讨论的形式困难。

b．其次，先前曾提到一个异议，即理论往往是按照限制性概念来表述的，而限制性概念表征实际上不存在的东西，于是对这种理论就无法要求非空的事实真理。可以用一些方式来消除这个异议。一个熟悉的策略是向这个论点挑战，即限制性概念并不应用于存在的东西。比如说，我们确实无法通过公开的测量来确定一个其理论值按规定等于 2 的平方根，并且具有某一度量的瞬时速度的值。但若不把能否进行公开测量(或更一般地说，观察)作为物理存在的标准，则有时就会说，这并不表明物体不可能具有实数数量的瞬时速度或长度。相反，如果设定这种数值的一个理论得到了证据的有力支持，那么根据这里讨论的反驳，就有充分的理由认为，这些限制性概念的确指示事物和过程的某些方面。由于在检验一个理论时，我们检验了它所作出的整个假定，这个反驳便会继续说，如果认为一个理论是在可得到的证据之上充分地确立起来的，则也必须这样看待构成它的一切假定。因此除非我们引入相当任意的区分，否则我们就无法在构成理论的假定之间进行挑选——把一些假定看作是对存在的东西的描述，把其他假定看作是对不存在的东西的描述。

还有另一种方式反驳这里讨论的异议。这个反驳在于承认限制性概念是简单化的手段，承认采用这些概念的理论一般并不断言任何能合理地对实际真理声称的东西，不过，存在的事物具有一种特性，这种特性往往可区别于理论中提到的“理想”特性，或者由于一个可以忽略的因素而不同于这种“理想”特性。因此，按照对该异议的这一反驳，如果一个理论所断言的东西和

极其精致的观察所能发现的东西之间偏差太小，以致于只能认为这种偏差是由实验误差引起的，那么在这个意义上可以说一个理论是真的。

c. 理论作为真的或假的陈述的观点碰到的第三种类型的困难，是由如下事实产生的，该事实已被注意到，这就是：同一题材有时采用显然不相容的理论。于是，一种液体不能既是一个离散粒子的系统又是一个连续介质，虽然处理液体性质的理论在某些情形中采用一个假定，在另一些情形采用对立的假定。

通常对这个异议的答复由两部分组成。其中一部分实质上是前一段所提到的反驳的重复。在一个既定的研究领域可以采用一个理论，即使该理论与也被应用的某个其他理论显然不相容，因为前者比后者简单，因为对于所讨论的问题来说，比较复杂的理论得出的结论不会比比较简单的理论得出的结论更符合事实。因此，在某种意义上，可以把比较简单的理论看作是比较复杂的理论的一个特例，而不认为二者是对立的。

这个答案的第二部分是，虽然暂时可以使用不相容的理论，但这样做只是一时的权宜之计，一旦发展出一个内在一致的理论，一个比以前的理论都更广泛的理论，就要放弃这些不一致的理论。这样，虽然在本世纪之交，用来说明物理学和化学的许多事实的诸原子理论之间存在着严重分歧，但这些冲突的理论现在已被这两门学科共同使用的一个单一的原子结构理论取代。实际上，诸理论——其中每个理论在某个有限的研究领域还是有用的——之间的不一致，往往是构造一个更广泛但一致的理论结构的动力。因此，在科学中，有时可以采用不相容的理论，这种情况并不妨碍理论是真陈述或假陈述这个观点的倡导者的见解；他可以坚持每个理论的可修正的特点，拒绝对任何理论声称终极真理。他会坦率地承认甚至一个假的理论对于处理许多

问题也极为有用；他会把这种承认与如下主张结合起来：在某个科学部门中，理论的演化是对一个最终为真的理论——这个虽然不可达到但却有效的理想——的一系列渐进逼近。

d. 最后，在按照某个熟悉的模型来解释量子力学时，遇到了一些困难，这些困难对目前讨论的见解又提出了一个异议。例如，理论考虑和实验考虑导致物理学家把明显不相容且终究令人费解的特征赋予电子(以及量子力学设定的其他实体)。于是，电子被认为具有那些适宜把它们看作是一个波的系统的特点；另一方面，电子又具有使我们把它们看作粒子的特点，其中每个粒子都具有一个空间位置和速度，虽然原则上不能同时把确定的位置和速度指派给任何粒子。许多物理学家因此推断说，不能把量子论看作是对一个"客观存在的"事物和过程领域的陈述，看作一幅哪怕只是近似地勾画出物质的微观构成的图景。相反，只能把这个理论看作一个对实验进行指导和协调的概念图式或策略。

对这个异议的反驳遵从一个熟悉的模式。对量子力学来说，无法给出一个体现经典物理学定律的可以形象化的模型，这一事实不是否认量子论确实表述亚原子过程的结构性质的充分根据。无疑可以指望该理论具有一个令人满意的模型。但是，那种在任何既定时刻被认为是令人满意的模型，是流行的知识气候的函项，即使当前的量子论模型也会给予我们陌生的乃至"不可理喻"的印象，没有什么强制性的理由假设这种陌生感会随着不断的了解而消失，或者最终找不到对量子论的一个更加完满的解释。此外，对目前的模型的这种所谓的不可理喻，很大程度上是由于没有指出，在描述该模型时使用的"波"、"粒子"这样的语词是以一种类比的方式使用的。只是在皮克威克的意义上，一个电子才是一个粒子(在这个词的习惯意义上)，正如只有

在引申的意义上，$\sqrt{-1}$才是一个数（在基数3是一个数的意义上）。说一个电子是一个粒子（或者换一种说法，是一个波），是因为赋予电子的一些性质类似于与经典粒子相联系的某些性质，或者，类似于与熟悉的水波相联系的某些性质，即使这种类比对其他的性质失效。当按照实际上是在量子力学的情境中使用这些语词的方式来理解"粒子"和"波"的语言时，连矛盾的现象也不会出现在对电子的量子论表征中，这已经很让人满意了。但不管怎样，基本的问题不是亚原子过程的一个特定的实质性模型是否令人满意。基本的问题是：物理对象和过程的基本的构成要素之间的关系，当按照量子力学的数学形式系统来陈述时，是不是比按照目前可以得到的任何其他形式模型来陈述更合适？在这个问题上，对此给出肯定回答的那些能力卓著的学者之间并没有分歧。

对理论是真的或假的陈述这一观点的异议的例子足以表明，在面临严厉的批评时该观点有辩证的手段维护自己。无疑对这些批评的反驳会遇到再反驳，虽然对于任何一个再反驳来说，该观点的捍卫者在受到攻击时都能提供至少一个合适的答复。因此继续这场争论便不会有什么好处，还是让我们回到对工具主义见解的一些批评中来吧。

2. 我们已指出工具主义见解的两个主要困难。如通常所表述的那样，第一困难是，众多的实验研究旨在于发现支持或反对一个理论的论据——如果一个理论不是一个真正的陈述，而只是对策略或程序规则的表述，那么这个事业显然是无指望的。然而，这个异议很容易被认为无关痛痒。因为这样来回答就够了：一个理论实际上是可以通过寻求要么"证实"要么"否证"它的证据来"检验的"，但这种"检验"只是在这一意义上——证实性证据或否证性证据都是为观察结论寻求的，而这种结论是根

据该理论从观察前提中推出的。正如我们已看到的，这种提出问题的方式产生的唯一问题，关系到在重建演绎推理时采用材料而不是采用纯形式的指导原则的相对便利性。

第二个也是比较严重的困难是，一个始终如一的工具主义观点显然有碍于其信徒承认一个理论明确设定的任何“科学对象”的“物理实在性”(或“物理存在”)。因为如果一个采用了“原子”或“电子”这样的词项的理论只是一条指导原则，则要问是否“确实存在着”原子便是不一致的，如同一些物理学家那样，说由于实验证据现在“指向”原子，因此，“我们正如设想我们手足的物理存在那样来设想原子的物理存在”，那实际上是很令人费解的。

然而，由于“物理实在性”或“物理存在”这种表达式的臭名昭著的含糊性(如果不是晦涩的话)，这个异议的力量是不清楚的。不管怎样，使用这些短语的作者一般来说并不是在同样的意义上理解它们的。因此，当对电子、原子、电场之类的科学对象证实或否认其物理实在性时，考虑得到共同使用(不管是明确地还是隐含地)的一些不同标准便是有益的。

a. 对于要被看作物理上实在的任何东西来说，也许最熟悉的要求便是，当观察它的合适条件得到实现时，这个事物或事件应该可以共同地感知到。据此标准，棍子、石头、闪电、烹调味等等都可以说成是物理上存在的，但一个人在扭伤足踝时感受到的疼痛，一个醉鬼在神志不清时体验到的粉红色的大象，却不能说是物理上存在的。然而，绝大多数科学对象在这个意义上都不是物理上实在的。这样，据此标准，虽然被光照亮的表面是物理上实在的，但光波不是；虽然在威尔逊云室中凝结成可见径迹的水蒸汽是物理上实在的，但(按照当前的物理学原理)产生这

些径迹的 α 粒子不是。一定不是按照这种"物理上实在的"解释,我们正如确信我们手足的物理实在性那样确信原子的物理实在性。另一方面,即使一些假设的科学对象在这个意义上是物理上实在的——例如,如果看得见目前的遗传理论所设定的基因——但在科学中据以指定这些对象的理论概念的作用就不会发生变化。如果我们能够感知分子,我们就能回答与它们有关的许多仍未解决的问题,这样分子理论就会得到一个经过改进的表述,这当然是很有可能的。不过,分子理论仍然会继续以关系词项来表述分子的特征——即按照分子之间的关系以及分子与其他事物的关系,而不是按照借助我们的感官或许能直接领悟到的分子的任何性质。因为分子理论的存在的理由并不提供关于分子的感觉性质的信息,但使我们能够按照它们所进入的深刻的结构模式来理解事件的产生及其相互依赖关系。因此,在这个短语的这一意义上,理论实体的物理实在性对科学几乎没有多大的意义。

b. 第二种广泛得到接受的物理实在性标准接近于第一种的对立面,且已被顺便提及。按照这一标准,如果一个假设定律(不论是实验定律还是理论定律)得到经验证据的充分支持,且被科学共同体普遍地接受为可能是真的,那么它的每个非逻辑词项指谓某个物理上实在的东西。这样据此标准,物理实在性不仅赋予诸如子弹的动能、受应力的物体的应变、液体的沾滞性、导线的电阻这种可以在实验上鉴定的项目,而且也赋予像光波、原子、中子和几率波这样的理论对象。一旦有人采用这一标准,他就会认为,甚至在能得到关于那些对象的、并对详细的专门假定进行确认的经验证据之前,某个公认的理论设定的许多对象就是物理上存在的东西。这个标准看来已为许多当代物理学家采纳,这些物理学家相信量子论所设定的反质子在物理上

是存在的，虽然直到最近还缺乏反质子存在的确定的实验证据。另一方面，当设定一个对象的理论由于不能令人满意而被放弃时，采用这个标准的人们也会否认如此表征的科学对象（如燃素理论所设定的燃素质）的物理实在性——除非一个可以接受的不同理论设定了一个很类似的对象。

c．有时采用的第三个物理实在性标准是，对任何物理上实在的东西进行指谓的词项必须进入不止一个实验定律之中，并加上这一限制条件：这些定律逻辑上相互独立，没有一个定律逻辑上等价于两个定律或多个定律的集合。通过要求存在着大量实验定律，这个要求可以得到明确加强。这个要求的理论基础是：只能把这样鉴定出来的东西表征为物理上实在的，而鉴定那些东西的方式不同于且不依赖于对它们进行定义的方式。例如，在伽利略自由落体实律中，一个物体在地球上的万有引力的量值是作为常数"g"出现的。如果这就是"g"所出现的唯一定律，那么按照这一标准，"万有引力"这一词项就不指谓一个物理实在。然而，"g"却进入其他一些实验定律之中，如单摆的周期定律。因此，可以把物理实在性赋予地球上的万有引力。另一方面，在电场概念的情形中，情况似乎就不同了。通过把一个具有已知质量和电荷的试验体引入一个电场，然后，测量作用在那个物体上的力，我们就能确定一个电场的强度。这个电场强度被定义为作用在该物体上的力与电荷之比；在指定条件下，对任何相对小的试验体，这个比率是一个不变的常数。这是一个实验定律。虽然"电场"这个词项是以这种方式进入一个实验定律之中的，但看来这是该词项确实在其中出现的唯一的实验定律。如果是这样，则按照目前的标准，不能把物理实在性赋予电场。

当把这个标准应用于微观理论所设定的科学对象时，会遇到一些麻烦，由于理论词项不出现在实验定律的陈述中。详细

地澄清这些麻烦会使我们走得太远。不管怎样，出于目前的目的，这样来解释理论实体的物理实在性标准就够了，即：实指地指称这种实体的理论词项必须通过对应规则与实验相联系，进一步，这些实验概念必须进入能够从这一理论推出的至少两个逻辑上独立的实验定律之中。例如，在气体运动理论中，“一个分子的质量”、“分子的平均动能”、“分子的数目”之类的理论概念是与“一种气体的质量”、“一种气体的温度”、“气体的体积和压强之积与其温度的比率”之类的实验概念相联系的。后面这些词项出现在几个实验定律中，如玻意耳－查尔斯定律，道耳顿气体分压定律，在既定的温度和压强下，每单位体积的两个比热之差对一切气体都是同样的定律，而这些实验定律都可以从该理论中推导出来。

值得指出，按照这种物理存在标准，不是一个理论所设定的每个实体一般都可以说成是存在的，即使该理论作为一个整体得到实验的充分证实，且很可能被接受为真的。因此，一些物理学家曾经怀疑过中微子——起先为了维护量子力学的能量守恒原理而设定的实体——的存在；这个怀疑有可能是基于如下事实："中微子"这个词项并不遵从该标准提出的要求。类似地，为了成功地说明黑体辐射中光谱的能量分布，当普朗克首次引入离散能量量子的理论概念时，物理学家（包括普朗克本人）都对这种量子的存在表示怀疑。但当能量量子的概念不仅与出现在普朗克辐射定律中的常数“h”相联系，而且也与出现在其他有关光电效应、元素的谱线、固体的比热等实验定律中的“h”相联系时，情况就大为改观了，而所有这些实验定律都是从把量子假说作为一个组成假定包括进去的理论中推导出来的。

d. 经常也采用第四种在某些方面更有约束力的物理实在性标准。按照这个标准，在“因果的”某个指定的意义上，如果一

个词项出现在一个得到充分证实的“因果律”中(不管是理论定律还是实验定律),则这个词项指谓某个物理上实在的东西。在这个标准的一个更专门的变种中,这个词项必须描述技术上称为“一个物理系统的状态”的东西,这样,如果“At”是一个系统在时刻t的状态描述,那么因果律便断言:这个既定的状态总是由一个在晚于(或早于)t的时刻t′的状态跟随着。①

例如,在力学中,一个粒子系统的状态是由指定这些粒子的位置和速度的一组数来描述的。给定处于任何初始时刻的一组粒子的位置和速度,力学的因果律使我们能确定在任何其他时刻的位置和速度,因而一个系统的力学状态在物理上是实在的。类似地,在量子力学中,一个系统状态是由基本粒子的位置和能量函数(称为ψ函数)来描述的,在这里,这个函数是该理论的基本波动方程的一个解。这个方程实际上是断言:在某一给定时刻,一个系统的ψ-状态总是由该系统在任何指定的未来时刻的可计算的ψ-状态跟随着。因此,按照目前的标准,ψ-状态是物理上实在的。另一方面,由于在量子力学中,一个个别的基本粒子(如电子)的位置和速度的坐标并不构成该粒子的状态描述,因此它们并没有描述物理上实在的东西。因此,至少一些物理学家看来,不能把物理实在性赋予个别电子和其他这种亚原子实体。②

e. 值得指出最后一个物理实在性标准,按此标准,实在的东西是在某组规定的变换、变化、投射或透视下保持不变的东西。一个基本的几何例子将会说明构成这个标准之基础的一般

---

① “状态”的概念在下一章会得到更充分的讨论。

② 参见两位第一流的物理学家在这点上的争论:埃尔温·薛定谔:“存在着量子跃迁吗?”《英国科学哲学杂志》第3卷(1952年),第109—123,233—242页;马克斯·玻恩:“量子力学诠释”,《英国科学哲学杂志》,第4卷(1953年),第95—106页。

思想。想象在一个水平面上画在一块玻璃板上的一个圆，在圆心的上方一定距离处有一束垂直光源。这样在平行于这块玻璃板的一个屏幕上，这个圆就会投影成为一个阴影，这个阴影也是一个圆。然而，假设这玻璃板绕穿过它的一根轴平行于该屏幕旋转，同时光源和屏幕仍处于先前的位置。那么屏幕上的阴影就不再是一个圆；它们首先呈椭圆形，最终呈抛物线形。在这种投射下，玻璃板上的圆的形状、周长和面积在其投射中都没有保存下来：它们都不是在投射下的圆的不变性质。不过，在这种投射下，圆的一些性质是不变的。例如，如果在玻璃板上画一条直线与圆相交，那么这条直线的投影总是与圆的投影相交于两点。若把目前的这一标准应用于这个例子，我们必然会说玻璃板上这个图形的形状、周长和面积都不是物理实在，只有该图形在投射下不变的性质才是物理上实在的。

显然，按照这个标准，根据哪一组变换是为此目标而指定的，就可以把不同种类的事物表征为物理实在。这样，一些作者已否认直接感觉性质的物理实在性，由于这些性质是随着物理的、生理的乃至心理的条件而变的。对于事物的所谓"基本性质"来说，由于这些性质的相互联系不依赖于生理变化和心理变化，且是由物理学定律表述的，因此这些思想家已对其保留了物理实在性资格。类似地，相对于不同的参考系，一个物体运动速度的值不是不变的，因此按照这一标准，相对速度不是物理实在。许多论述相对论的作者实际上已认为，以前相对论物理学所设想的空间距离和时间间隔不是物理上实在的，因为对于一切以不变的相对速度相互运动的系统来说，它们不是不变的。在这些作者看来，物理实在只能赋予由相对论物理学的恒定定律来表述的事物的特点（比如一个物体的相对论动能或它的相对论动量）。类似地，物理实在已被赋予原子、电子、介子、几率

波之类的理论实体，因为它们满足某个指定的不变性条件。

为了避免可能的误解，需要强调的是，先前的讨论所提到的标准是想说明，在一些情景中当说某个东西是物理上实在时，其意义究竟是什么。因此，在区分出来的任何一种意义上，绝不要误解物理实在的赋予。绝不要认为这是意味着，与某些具有令人反感的"纯现象"名称的其他东西相比，一个被表征为物理实在的东西在事物系统中占有一个地位，或者除了满足相应的标准所指定的要求外，被表征为物理实在的东西在某些方面比没有被这样表征的东西更有价值或更根本。许多科学家和哲学家实际上经常是以一种尊敬的方式来使用"实在的"这一词项的，以此表示一种价值判断，并把一个"优越的"地位赋予那些被断言为实在的东西。每当使用这个词的时候，也许就有了许多种表示尊敬的涵义的预兆，不管这样做会适得其反，完全损害了清晰性。由于这一理由，完全取消这个词的使用是值得向往的。然而，按照实际情况，语言习惯已经如此根深蒂固、流传甚广，因此不可能作出这种取缔。这样，为了表明"实在的"这个词可能暗示的任何令人反感的对比都与目前的讨论无关，就有必要添加一些告诫性的评注。

不管怎样，对标准的这个简要列举，并没有穷尽在讨论科学对象的实在性时可以加以区分的"实在的"或"存在"的含义。然而，指出工具主义的理论观的倡导者无法对如下这个含糊其辞的问题给出一个明确的回答，这已经足够，这个问题是：工具主义者的观点是否与他把原子和电子之类的东西接受为物理实在的立场相一致？对于"物理上实在的"和"物理上存在"这两个表达式的含义来说，至少在一些含义上，一位喜欢冷嘲热讽的工具主义者会承认许多理论实体的物理实在性，在表明这一点上，这个列举绰绰有余。

更专门地说，如果采纳上述第三个标准来指定“物理上实在的”含义，则相当明显的是，工具主义观点完全符合比如说原子确实是物理上实在的主张。甚至工具主义者自己就力主这一主张。作出这一主张便是断言有一些得到充分证实的实验定律，它们以某一方式相互联系，并且经过一个既定的原子论与其他定律相联系。总之，声称原子在这一意义上存在，便是声称可以得到的经验证据足以证实该理论作为一门广泛的研究领域的指导原则的合适性。但如已指出的那样，这与说“该理论得到了证据的充分证实，因此可以被尝试性地接受为真的”不过是形异实同。

当然，工具主义见解的倡导者可以保留有关该理论所设定的其他理论实体是不是存在的判断，因为这个标准对其物理实在性提出的要求可能不会明显地得到满足。但在这些特定的问题上，理论是真的或假的陈述这一观点的倡导者同样也会犹豫不决。这样看来要摆脱这一结论便是困难的，即：在理论的认知地位上，这两种显然对立的观点都是得到比较谨慎的阐述的观点，每个观点都不仅能把有关实验室所探索的基本题材的事实同化入其表述之中，而且还能把有关科学逻辑和科学方法的相关事实吸收入其表述中。总之，这两个观点之间的对立不过是在所偏爱的说话方式上的冲突。

第七章 力学说明和力学科学

前几章几乎全是关心在按照演绎模式对说明之特征的新近的和古老的分析中碰到的一些全面的中心问题。不过，在考查各个专门的科学领域中说明的结构时，甚至于只注意演绎类型的说明，也会产生额外的问题。因此我们必须考虑一些更专门的问题，但我们又必须在这些问题所出现的特殊的说明系统的情景中来讨论它们。一个这样的系统是经典力学。经典力学继续是现代物理学的一个基本部分，并且继续论证一种重要的物理学说明，尽管自本世纪以来，物理科学已发生了重大变化。因此本章讨论力学说明的含义，并批判地考察力学理论的公理所产生的方法论问题。

一、什么是力学说明

力学是声称对属于其领域的现象已取得了一个统一的说明系统的第一门自然科学。早在有史记载以前，人们就已学会使用简单的机械，如杠杆和轮轴，因为它们减轻了劳动，完成若不利用它们就不可能完成的建筑和工艺。通过机敏的观察和试错法，终究积累了有关物理事物的力学性质的资料。不过，立足于对广泛的力学关系的分析而对力学定律的明确表述，似乎是到了古时候的经典时代才开始的。力学的一个分支即静力学在公元前3世纪的阿基米德时代达到了一个高级的发展阶段。然

而，只是由于伽利略和牛顿的显著成就，扩大这种分析以包含不处于平衡之中的物体运动的试图才取得完全成功。一系列随后的工作者——达朗伯，拉格朗日，拉普拉斯，高斯和汉密尔顿，这儿提到的只是一些最杰出的名字——重铸和提炼了这门学科的基本原理，并且把它们应用于一大批领域。

到了19世纪中叶，力学被公认为是最完善的物理科学，体现了其他一切研究部门应该追求的理想。实际上，力学是一门基础科学，一切其他自然科学所研究的对象都能够且应该按照它的基本概念来加以说明，这已成为一些杰出的思想家、物理学家以及哲学家的共同假定。在17世纪，惠更斯声称："在真正的哲学中，人们按照力学的概念来设想一切自然效应的原因。在我看来，我们必然要这样做，否则我们就只好放弃理解物理学中的一切事物的希望。"在随后的250年间，惠更斯的信念屡屡得到科学家们的共鸣；赫兹由此宣称"所有的物理学家都一致认为，物理学的任务就是要把自然现象还原到简单的力学定律"①。最近，在1909年，著名的法国数学家潘勒韦认为："如果其他科学想精密的话，力学是这些科学的必然基础。"② 同部分现代物理学家一样，惠更

---

① 克利斯蒂安·惠更斯：《论光》，芝加哥，第3页；亨利希·赫兹：《力学原理》，莱比锡，1910年，第XXIX页。

② 保罗·潘勒韦：《力学的公理》，巴黎，1922年，第3页。该文首先出现于1909年。对哲学见解的论证，人们可以引用冯特的主张"力学是一切说明性的自然科学的开端和基础。受物质的永久性公认的激励，就人们试图把一切给予外在感官的自然现象都还原到力学所研究的现象亦即还原到物体及其部分的运动而言，它是最普遍的自然科学。"——W·冯特：《逻辑学》，第3版，第2卷，第274页。也要注意基尔霍夫和亥姆霍茨的观点。基尔霍夫声称"自然科学必须竭力达到但绝不会达到的最高目标……换句话说，就是把一切自然现象还原到力学。"——引自J·B·斯塔诺：《现代物理学的概念》，纽约，1884年，第18页。亥姆霍茨则主张"自然科学的目标是发现作为一切变化之基础的运动及其相应的动力——从而，把它们归结成为力学"——同上。

斯表达了这一信念：按照力学进行的说明是对蒙昧主义哲学和搬弄文字的、颓废的经院主义物理学的唯一取舍。

仅仅是力学科学的这种历史重要性就值得对它进行仔细的研究，但它之所以值得特别注意还有其他的理由。首先，它以一种相对简单的方式展示了其他科学分支旨在于获得的这种逻辑统一性；因而它例证了逻辑和方法的特征，这种特征在其他的科学理论中也得到示范，但由于一些高度专门的复杂性在一些方面被掩盖了。其次，作为最普遍最完美的科学，它的一度的显赫以及随后从这种地位的衰退，已经引起了对在传统上设想过和实践过的科学方法的合适性的生气勃勃的争论；如果没有关于机械说明的本质和局限性的清楚概念，就不可能理解这些争论。这样，就有了一个经常重复的主张：与经典力学有关的许多假定和分析方法——比如说，关于自然过程的“严格因果”特征和“严格决定论”特征的假定，或关于发展那种按照更基本的过程来解析复杂过程的理论的假定——不再得到自然科学中新近发展的支持，而且为了支持不同的科学方法概念而必须被抛弃。第三，虽然力学科学已经从其曾经占据的优越地位衰落了，但对一门普遍的自然科学的地位新的要求者已经出现，一切科学都要“还原”到这样一门普通的自然科学。但是，只有当按照“力学的术语”进行的说明的显著特点相对清楚，只有当弄明白一个理论可以充当一个普遍的说明系统的情况时，才能理解这种种主张。对力学说明的特征的观察因此使我们有得到实质性报答的希望，这正是我们现在要完成的任务。

1. 那么，一个力学说明是什么呢？虽然惠更斯及其后继者在相当精确的意义上使用“机械的”和“力学”这两个词，但是在比较通俗的以及甚至是技术性的讨论中，这两个词是含糊地使

用的，它们充其量只是不严格地定义的词语。首先简要地指出这两个术语经常出现的情景，然后再指定对力学科学来说是恰当的“力学”和“机械的”含义，这是有益的。在对杠杆、滑轮、钟摆的讨论中这些词经常出现，但是在对现代汽车、电子钟、摄影机的论述中，这些词也并非不常见。又，数不清的著作把多种多样的过程，如听、呼吸、遗传习性的传递乃至政治组织的运转的力学当作它们明确的研究主题；以生命有机体是生理化学的化合物为假定而开始进行的研究往往被刻划为对“机械唯物主义”的例子。此外，人们对他们卷人的各种社会形态的马马虎虎的反应有时也被描述为“机械的”；某些音乐作品和诗作，以及某些音乐理论和诗歌理论，往往也以同样的方式受到描述。

说“力学”和“机械的”这两个词的种种用法没有共同的意义核心，这是万无一失的。实质上明显的是，当“机械的”这个词在评价人类行为的判断中得到使用时，其含义与其在自然科学的理论分析情景中的含义很不相同。而且，甚至于在后一种情况下，它也总是含有在力学科学中与之相联系的意义。当弄明白上述例子时，“机械的”这个词通常不仅应用于力学科学专门研究的问题的分析中，而且也用于那些通常并不是按照那门学科的本征概念来说明的热、电磁、光、化学、生理以及社会的过程中。在“机械的”广义用法上，对诸如“它怎么样工作?”或“它如何被做?”此类的问题的回答显然是一种机械说明，不管回答注意到的、所讨论的过程的决定因素是什么。因此，在这个词的广义上，就一切专门科学都试图发现事物和事件发生的条件而论，就它们试图表述表示这种依赖关系的定律而论，一切自然科学都提供机械说明。然而，当以这种全面的方式使用这个词时，以上引用的表示惠更斯的信念的那句话不过是断言一句老生常谈。因为甚至于在人类行为研究的情形中，对那个解释持有异

议的正好是那些人——他们认为每当人们寻求“人的内在生活”所依赖的种种条件时，人们便是在“以说明来扼杀意义”。因此，当思想史家把科学发展的某个特定时期确定为力学说明占据统治地位的时期时，为了认识到惠更斯意指的是什么，为了认识到这些思想史家想的又是什么，我们就必须观察经典力学科学特有的“机械的”这个词的含义。

然而，虽然力学科学的标准定义提供了这个词的含义是什么的重要线索，但如果不作进一步的分析，这些线索就不会显示出来。通常的定义是麦克斯韦定义的变种，他把力学定义为关于物质和运动的科学。① 这些变体一定以一种一般的方式界定了这门学科的范围；比如说，化学反应显然要从这个领域中排除掉。然而，难得有被认为不对物质运动进行研究的物理学分支。比如说，铁屑在一块磁棒出现时便呈现出确定的位置，正如磁针在一根通电的导线出现时会呈现一定的位置一样。虽然这些例子例证了运动的物质，这样根据麦克斯韦的定义，它们应属于力学的范围，但实际上它们往往从力学中被排除掉。因此麦克斯韦提出的定义并没有完全弄清力学科学的实际界限是什么——实际上，“物质”这个词对于清晰地定义任何东西来说远远是不精确

---

① 《物质和运动》是麦克斯韦的一本书的标题，该书首次出版于 1877 年。以下是其他作者给出的一些典型定义：“纯粹力学是关于这样一种现象的学说，在这种现象中，运动只有被看作是质点——静止的、流动的、有弹性的质点——的运动时才可理解。”——古斯塔夫·基尔霍夫：《数学物理学讲座》，莱比锡，1883 年，第iii页。“力学是关于自然物体运动的学说，亦即关于位移的学说，这种运动与物体的任何其他特征无关。”——路德维希·玻耳兹曼：《力学原理讲座》，莱比锡，1897 年，第 1 卷，第 1 页。“力学是关于运动的学说”——A·沃斯：“力学基础”，载《数学百科全书》，莱比锡，1901 年，第 4 卷，第 1 部分，第 12 页。“力学是关于物体运动规律的学说。”——马克斯·普朗克：《普通力学导论》，莱比锡，1921 年，第 1 页。“在专门的意义上，力学被定义为对物体运动规律的研究，亦即研究物体的位置相对于时间的变化”——N·H·弗兰克：《力学和热引论》，纽约，1939 年，第 3 页。

的——我们必须更深刻寻求对力学说明的特征的合适论述。[1]

2. 确定一门科学的范围及其说明的显著特征的最直接和最令人满意的方法，是转向那些在一个特定的发展阶段构成了其基本的说明前提的综合性的定律和理论——每当可以得到这样的理论时。很幸运，在经典力学的情形中恰好有可能这样做，因为这门学科的内容很好地局限在由牛顿的基本运动"公理"或定律所提供的框架内。因此，考查这些公理，并从中抽出机械说明的本质特点，就足够了。[2]

牛顿的三个运动公理或运动定律由他阐述如下：

> 定律Ⅰ：每一个物体保持它的静止状态或沿一条直线的均匀运动状态，除非它被一个作用于其上的力强制改变那个状态。
>
> 定律Ⅱ：运动的变化正比于所施加的动力；运动的变化是在力作用的方向上产生的。
>
> 定律Ⅲ：对每一个作用，总存在一个对立的相等的反应；或者，两个物体相互间的作用总是大小相等方向相反。

当把这些公理翻译成当前的术语和当前数学分析的表达方式时，牛顿力学理论断言：

a. 如果作用在一个物体上的外力(它沿一条直线上的动量是 mv)是 0，在 mv 上的时间变化率(在极限情形中可能恰好是 0，这样物体相对于那条直线静止)也是 0。这就是说，如果 $F=0$，那么$\frac{d(mv)}{dt}=0$，这里 v 是矢量即向量，m 是质量。在经典力学中，一个物体的质量(牛顿称之为"物质的量")假设是物体

的一个不变的性质，不受其运动的影响。因此，第一个公理的公式可以写成：如果 $F=0$，那么 $m\frac{dv}{dt}=0$，或最终写成：如果 $F=0$，那么$\frac{dv}{dt}=0$。

b. 如果作用在质量为 m 的一个物体上的外力为 F，那么该

---

① 关于力学的实际研究题材的一个有用的指南是由"力学"这个词的词源学提供的。这个词源自于希腊文中对一种发明的表示，这种发明就是举起和移动事物的设施，如杠杆、倾斜面、楔块、轮轴等。研究这种机械——目的是为了发现它们具有的种种优点——仍然被认为是力学科学的一个独特的任务。

② 关于选择牛顿的表述作为目前讨论的基础，需要按顺序作出一些评注。当然，除了牛顿的表述之外，力学理论还有其他的表述，如拉格朗日和汉密尔顿的表述。这些可供抉择的表述使我们能够更容易更实质地分析许多复杂的问题。不过，这些抉择在数学上等价于牛顿框架，利用这些一般不太熟悉的抉择作为我们的起点徒劳无益。又，对力学的这些可能的系统化采纳了一些与牛顿所使用的概念不同的概念作为基本的理论概念。比如说，在牛顿系统中，基本的概念是时间、空间、质量和力的概念；而在力能科学的代表人物提出的系统中，基本的概念是时间、空间、能量和质量的概念；在赫兹的力学表述中，基本的概念是时间、空间和质量的概念。在什么是力学的基本概念上，物理学家之间似乎本身就存在分歧；就这种分歧而论，在什么构成一个力学说明的本质特征上，也存在分歧。而实际上，缺乏一致性对我们的目的并不严重，它是由这种情况产生的，这种情况类似于在建造欧几里德几何系统时，由于采用不同的基本思想因而在对欧几里德几何学的表述之间产生的差异。因为，虽然一个力学系统可以拒绝把力的概念作为其基本理论概念，甚至可以完全不使用"力"这个词也行，但经由一个名义上的定义，总是有可能把这个词项引入该系统。而且，不久就会明显地看到，业已指出的力学的各种表述之间的差异，无论在哪方面都不会损害对力学说明的分析的主要成果。最后，还有一些对力学理论的表述，它们相当密切地依附于牛顿的框架，但像玻耳兹曼表述一样，它们比牛顿表述更加明确地阐明了借以发展该系统的各种假定。因此，似乎应把这些细致的表述之中的一个作为目前讨论的基础。然而，当力学理论的这些新近陈述对于我们对该学科所提出的某些问题的讨论非常宝贵时，它们引人的改进显然不适合于我们目前的问题；当需要它们时，再来求助于它们吧。

有几个新近的努力把现代的精确标准引入牛顿力学的公理化中。参见 J·C·C·麦金利，A·C·苏加和帕特里克·苏佩斯："经典力学的公理基础"，《理性力学和分析杂志》，第 2 卷(1953)年，第 253—272 页；赫伯特·A·西蒙："牛顿力学的公理"，《哲学杂志》，第 33 卷(1947)年，第 888—905 页。

物体的动量对时间的变化率正比于 F 的量值，其方向就是 F 本身所在的直线的方向。这就是说，$\frac{d(mv)}{dt} = kF$，这里"k"是一个比例常数，F 和$\frac{d(mv)}{dt}$是方向一致的矢量。（第二公理的公式也可以转化为：$m\frac{dv}{dt} = kF$。通过选择合适的单位，可以使 k 成为一个单位；如果把速度相对于时间的变化率称为加速度，并以矢量 a 来表示，则第二定律可以陈述为：$ma = F$。）①

c. 如果 F_{AB}是一个物体 B 作用在一个物体 A 上的力，那么就有一个物体 A 作用于 B 上的力 F_{BA}，以致于 F_{BA}和 F_{AB}大小相等，方向相反。即 $F_{AB} = -F_{BA}$，这里 F 是矢量即向量。

这三个公理直接提出了两组重要问题：(1)在这一表述中，究竟要用各个关键的术语来理解什么？当说一个物体在一条直线上静止或运动时，该物体被假设相对于它来说是运动或静止的"直线"是什么？运动的"时间"又是如何指定的？(2)这些公理的地位如何？它们是经验概括吗？它们是能够先验地确定其真假的命题吗？或者它们是这种那种的"定义"吗？我们目前暂不追求这些问题，虽然它们目前会引起相当大的关注。这儿提到它们只是指出如果要获得对力学结构的合理的完备论述，而必须通过的困难境地。

然而，在这点上有必要进行两个相关的观察。在第二定律中，牛顿断言，一个物体在一个力作用下的加速度的方向沿着那个力本身所作用的**那条**直线。然而，如果一个物体有任何可以

① 按照牛顿的观点——一个物体的运动如果在一条直线上的速度有所变化，或者其运动的方向有所变化，那么该物体的运动就经历了变化——这点是很明确的。因此，如果一个物体的速度升高或降低，或者其运动方向发生变化，那么它在任何时间内就在经历加速。（如果其速度降低，那么它在经历负的加速。）

估计的空间维数，如果它整个儿都受力作用，那么就没有任何决定加速度之方向的唯一直线——因为该物体的不同部分沿各个相同的直线被加速。因此，必须假设运动公理是对质点表述的，即对其质量在理论上集中于一“点”的物体表述的。这些公理对实际物体——它们显然不是质点——运动的应用，因而是假设把基本的理论进行推广以包含那些多少受到严格的相互约束的质点系统的运动。这个推广涉及到某个困难的数学，虽然它不要求引入任何新的理论思想；加上这一条约束条件——即具有可观体积的物体可以被分析为一个数目甚大的质点系统——则固体、气体和流体的理论力学都可以在质点力学提供的基础上发展起来。但在先前讨论的“理论”的意义上，刚才指出的事实表明这些运动公理就是理论陈述；它们不是关于在实验上指定的性质之间的关系的陈述，而是隐含地定义一些基本概念的公设，否则，这些概念就不会被该理论的公设指定。

第二个观察巩固了刚才提到的这一点。虽然牛顿公理没有明确地提到这个观察，但这些公理的确暗中假定可以无限地细分空间范围和时间间隔，以致于与之相联系的数量小到可以趋近于零。牛顿公理也假定了质点所具有的速度和加速度是质点在所涉及到的时间间隔趋近于零的极限情形中的速度和加速度——简单地说，这些公理假定了质点的瞬时速度和瞬时加速度。让我们先弄清楚为什么似乎需要这样的假定。

假设我们想确定沿一条平直路径运动的一辆汽车的速度；假设我们测量它在一小时内通过的距离，发现那是 30 英里，由此推出其速度是每小时 30 英里。但明显的是这辆汽车在那个小时内可以以变化的速度运动，而且业已指出的这个速度实际上不是这辆汽车在 30 英里的路径的任何部分的速度。每小时 30 英里的速度因此只是表达这辆汽车的平均速度。如果我们

想得到对这辆汽车的运动的更详细的论述，我们就必须测量在一个较短的时期内的速度，比如说，在每分钟内的速度；我们可能会发现在特定的一分钟内速度是每分钟一英里，而在另一个一分钟内速度是每分钟四分之一英里。然而，对这辆汽车在一小时内可能变化的速度得出的这一结论，显然也可以对一分钟的时间间隔重复；也可以取更小的时间间隔比如说每秒钟，在这种时间间隔中，速度被连续地确定。

现在，作为一个经验事实，不能无限地继续为了测量速度而把时间取得越来越短的方法，因为对于我们能够对时间间隔和空间间隔作出的实验辨别，有一个下限。然而，力学理论试图对物体的运动提供一个不依赖于实际的实验技术状态的完全普遍的分析；该理论旨在于表达对物体在其运动的各点进行表征的关系结构。因而牛顿不考虑对距离和时间进行细分的下限，他是按照如下假定来表述理论的，即质点在时间间隔变得无限趋近于零时具有极限（或瞬时）速度和加速度。实际上，为了掌握物体运动的这种“瞬时”的方向，牛顿发明了他的“微分法”——现在被称作微积分运算；当用数学分析的语言来陈述时，他的运动公理取二阶微分方程的形式。[①]但这些事实只是证实了前几

---

① 必须对不熟悉微积分运算的读者提供一些进一步的说明。这种运动的基本思想是一个无穷数列的极限的思想，不论是函数数列还是数数列。一个无穷数列的极限的概念可以阐明如下：考虑无穷数列：30、$22\frac{1}{2}$、20、$18\frac{3}{4}$…其每项可以从公式$15\left(1+\frac{1}{n}\right)$中得到，通过令n连续地等于1、2、3、4…即可。为了形象化，我们可以假设这个数列的每一项是一辆卡车的平均速度，其速度是相继地在1小时、30分钟、15分钟、$7\frac{1}{2}$分钟等时间间隔内测量。无论n取什么值，该数列中的相应项都不等于$15\pm\frac{15}{n}$的值。这样，如果n取10，相应的项$16\frac{1}{2}$不等于$15\frac{15}{10}$；如果n取1000，相应的项不等于$15\pm\frac{15}{1000}$，等等。因此，如果n取充分大的值，在一特定的项

章的评注，即：当以严格普遍性来断言运动公理时，它们不是实验定律，相反，它们是在能够说它们具有确定的经验内容之前，必须为之提供对应规则的理论公设。

3．最终让我们考虑运动公理如何阐明了这里讨论的问题：机械说明的显著特点。这些公理可以相对于它们的数学**形式**或相对于它们所联系的词项的种类予以考查，我们将使我们的讨论适应这种区分。

例证一个在数学上表示的陈述**形式**的意义比表述这个意义更容易，可以用一些例子来阐明这个意思。一般把固体的线性热膨胀定律表述为 $l = l_0[1 + k(T - T_0)]$，这里，l_0 是固体在某个初始绝对温度 T_0 时的长度，l 是它在某一任意温度 T 时的长度，

已达到之后，该数列中的所有这些项都不等于 15 加减我们可以预先指定的任意小的实数。这样如果我们想在这个数列中找到一项，以便在它之后的一切项都不等于 $15 \pm 1/100,000$，则我们必须让 n 等于或大于 15,000,000。在这个例子中，15 是这个无穷数列的极限：正是这个数使得在这个数和该数列的依次各项的差小于任何预先指定的小实数。一个数列的极限的一般定义采取如下形式：设 x_1、x_2……x_n……是一个无穷数列，让 ε 是任何小的实数。那么说 l 是这个数列的极限，如果，对任何指定的 ε，在该数列中存在着一项 X_N，以致于对于在它之后的一切项（亦即，对一切 x_n，这里 $n > N$）都有 $l - \epsilon < x_n < l + \epsilon$，（或 $|x_n - l| < \epsilon$）。

现在让 S 是一辆卡车通过的距离。为了确定我们的思想，设该距离通过函数 $S = t^2$ 而与时间 t 联系；这就是说，假设在 t 秒之后，卡车已通过了 $S = t^2$ 英尺。现在以一个时间间隔 Δt 来增加时间，以便卡车通过的距离相应地增加 ΔS。因此，在 $t + \Delta t$ 秒中卡车通过的总距离是 $S + \Delta S$。显然有 $S + \Delta S = (t + \Delta t)^2 = t^2 + 2t\Delta t + (\Delta t)^2$。同样，卡车在 Δt 的时间内增加的距离由方程 $\Delta S = 2t\Delta t + (\Delta t)^2$ 给出。为了得到卡车在 Δt 内的速度，我们只须以 ΔS 除以 Δt，结果 $\Delta S/\Delta t = 2t + \Delta t$。不管所取的时间间隔 Δt 多大或多小，这个关系都有效，而且，通过把不同的数值赋予 Δt，我们就会得到速度 $\Delta S/\Delta t$ 的一个无穷数列。然而，如果使 Δt 逐渐变小，以致于让它作为极限接近于零，则 $\Delta S/\Delta t$ 的值也将接近于一个极限——在目前的情况下是 2t。$\Delta S/\Delta t$ 的极限值由"ds/dt"表示，称之为 S 相对于 t 的一阶微商。它就是物体的瞬时速度。必须指出"ds/dt"不是分子为 ds、分母为 dt 的一个普通分数；必须认为这个表达式是只包含一个表示一个无穷的分数数列之极限的符号。

正如一个物体的瞬时速度是速度的一个无穷数列的极限（并且是由距离相对于

k是线膨胀系数，对于同种物质的一切固体 k 都保持不变，但随着不同的物质而变化。这个方程可以重写为：$l - l_0kT - (l_0 - l_0kT_0) = 0$，它是具有两个变量"l"和"T"的线性方程。伽利略自由落体定律是 $v - v_0 = gt$，这里 v_0 是物体的初始速度，v 是物体从这个初始速度所在的位置下落、在时间 t 后的速度，g 是一个常数。这个方程也可以重新写为 $v - gt - v_0 = 0$，也是含有两个变量"v"和"t"的线性方程。这两个定律各自都被表示为两个变量之间的关系，它们都具有同样的数学形式；它们显然是含有两个变量的线性"母式"$ax + by + c = 0$ 的特例，这里 x、y 是变量，a、b、c 是所谓的"任意常数"。应该指出，所有这些方程除了含有变量、数"0"和"任意常数"外，也含有某些表达特定数量关系

时间的一阶微分来表示的）一样，一个物体的瞬时加速度也是加速度的一个无穷数列的极限。但一个物体在每单位时间的加速度是它在每单位时间的速度的变化率；因此，如果我们正考虑一个物体在不同时刻的瞬时速度，那么，瞬时加速度就是当所考虑的这些速度所在的时刻之间的间隔逐渐变小时瞬时速度的变化率的极限。因此，一个物体的瞬时加速度是由瞬时速度相对于时间的一阶微商来表示的；从而瞬时加速度是由距离相对于时间的二阶微商来表示的。于是，瞬时加速度可写为 d^2s/dt^2。

微分运算的目的就是要发展那些获得任何函数的微商的规则。这样，我们已经看到 $s = t^2$ 相对于时间的一阶导数是 $ds/dt = 2t$；很容易表明 $s = t^2$ 相对于时间的二阶导数是 $d^2s/dt^2 = 2$。方程 $ds/dt = 2t$、$d^2s/dt^2 = 2$ 被称为微分方程，因为它们各自含有一个微商。这两个方程中的第一个是一阶微分方程，第二个是二阶微分方程，而 $d^3s/dt^3 = 2ds/dt$ 是三阶微分方程。这样，一个微分方程的阶就是它含有的最高的微商的阶。力学的基本方程是二阶微分方程。

如已指出的，微分演算的任务是发现任何函数相对于某个指定变量的微商。但有一个相反的问题：给出一个微分方程，找到它所含有的变量之间的函数关系，使函数表达式不再含有任何微商。这个相反的问题涉及到积分过程，一般来说它提出了比原来微分一个函数的问题更困难的数学问题。甚至对它进行一个纲要性的讨论都不可能，我们只能以一些例子留下这一问题。给出微分方程 $ds/dt = 2t$，满足该方程的变量 s 和 t 之间的关系由函数 $s = t^2 + a$ 给出，这里 a 是任意常数。微分方程 $d^2s/dt^2 = 2$ 的解是由方程 $s = t^2 + at + b$ 给出的，这里 a、b 是任意常数。因此一阶微分方程的解含有一个任意常数，二阶微分方程的解含有两个任意常数。

和运算的恒定表达式——亦即，关系符号“=”，代数加号“+”和（隐含起来的）乘号“×”。因此，如果两个陈述可以通过以相应的变量和具体的任意常数代替出现在母式中的变量和任意常数而获得，那么可以说它们相对于一组指定的变量显示了同样的数学形式。

接下来考虑把在恒定温度的理想气体的压强和体积联系起来的玻义耳定律：PV=R，这里R是一个常数。这个方程是一个具有两个变量的二次方程，它在形式上不同于前一段所讨论的方程。又考虑关于需求的一般经济规律的最简单的特殊形式，按照这个规律，商品的需求随着价格的降低而增加，随着价格的升高而降低，这个特殊形式在于假定需求D和价格P反比地变化。[①] 这种特殊的情况可写为：DP=C，这里C是一个常数，这显然与玻义耳定律的形式相同。因为这两个规律是一般的母式xy=a的代换实例，这里x、y均为变量，a是任意常数。

具有同一形式的定律的这种种例子足以表明两个定律可以具有不同的形式，但并不由此意味着每一个定律都可以充当另一个定律的说明前提。热膨胀定律与自由落体定律具有同样的形式，这个事实并没有为假设前者可以借助于后者来说明提供哪怕是最微不足道的理由。当然，抽象地看，具有某一特定形式的一个定律当然有可能说明具有同样形式的第二个定律。但如果恰巧是这种情况，那不仅仅是由于它们的形式相似的缘故。

这个观察暗示了这个更深的结论：在运动公理的数学形式中找不到力学说明的突出特点。但我们必须按照其是非曲直来考查这个启示。已经指出，与以上实验定律的例子不同，运动公理必须被表述为微分方程。我们只需把注意力局限于第二定理

① 参见阿尔弗雷德·马歇尔：《经济学原理》，伦敦，第8版，1930年，第99页。

就够了。这样,设一个质点被一个力 F 作用,这个质点的位置由相对于参照系的三个相互垂直的坐标轴的空间坐标 x_1y_1z 指定,这个力沿三个轴的分量是 Fx、Fy、Fz。第二定理于是可写为:$m\frac{d^2x}{dt^2}=Fx$,对于其他两个分量的力有类似的方程。该公理因此可以表述为一个二阶微分方程组。那么,是这个事实把该公理作为前提的任何说明鉴定为机械说明吗?

由于这个公理对作用在质点上的力的专门特征没有说什么,让我们暂时假设力函数 F 可以以任意方式指定——这取决于我们所讨论的问题的性质——因此 F 可以涉及到各种量。现在,在物理学中有一些理论,其数学形式与力学第二公理的形式相同,不过有时仍然把它们和力学区别开来。例如,静力学理论具有线性二阶微分方程的形式,但按照该理论提出的说明并不总算作力学说明。又,麦克斯韦成功地变换了电磁理论的基本方程,以使它们采取拉格朗日力学方程的形式——后者是对牛顿公理的一个可能表述。但能够进行这种变换并不表明力学理论已经说明了电磁学定律。

实际上,可以得出这个更一般的要点:有一些微分方程在物理学的几个分支中起着根本性的作用,虽然一般来说并不认为这些不同的研究领域是属于一个共同的理论的范围。比如说可以把称为傅立叶方程的偏微分方程:

$$\frac{\partial u}{\partial t}=a\left(\frac{\partial^2u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2u}{\partial z^2}\right)$$

用来表述流体动力学、热传导、静力学和动力学以及磁学的基本理论。但是这不过是指出,多种多样的题材显示了抽象地看来或形式上看来不可区分的关系结构。它并不指出相应理论的基

本特征，因为每个这样的领域都完全由该理论的形式结构来表达。不同理论的形式同一性当然是有关这些理论的一个重要事实。这种同一性使得在许多其他的领域中也可以采用那些为某个研究领域发展起来的数学技术；在处理研究时，不同理论之间的形式类比，以及与这些形式系统相联系的形象化的描述，具有极大的启发价值。[①]

一个最终的观察是这样的。虽然运动公理确实具有二阶线性微分方程的形式，但揣测物理学家是不是会把单纯这种形式的变化看作是声称一个经过改变的理论不再是一个力学理论的充分理由，那是饶有兴趣的。这样，设若已经发现牛顿在作出如下假定时出了错，即：可以按照动量的时间变化率来分析物体的运动，而且按照加速度的时间变化率可以发展出一个更令人满意的理论。这样一来基本的运动方程就会是三阶微分方程。然而，如果这就是新、旧理论的本质差异，那么，看来就不可能再把新理论看作一个力学理论。实际上，广义相对论要求的运动方程的形式上的变化，比这个假设的例子提示的变化要激进得多。不过，绝大多数物理学家仍把按照这个经过改进的理论作出的说明看作是力学说明。

4．从这一切看来，可以合理地推断说，之所以把运动公理看作是一门独特的科学的前提，并不是由于其数学形式上的缘故。这样我们必须转到原先提出的第二种可能性，审视这些公理所叙述的词项的类型，以便确定力学说明的本质特征。

但我们现在面临一个严重的困难。这个困难来自于这一情

① E·马赫："论物理学中的比较原则"，载《通俗科学讲座》，第236—258页；也见他的"研究相似和类比的主要动机"，载《认识和谬误》，莱比锡，1920年，第220—231页。

形:虽然运动公理(或者往往与运动公理相伴随的本文)明确地陈述了它们所叙述的词项的一些一般特征,但它们并没有对一切词项都这么做。因而第二公理断言一个物体的动量的时间变化率正比于作用力;从这个表述中显而易见的是:一方面在一个物体的质量和加速度之间,另一方面在质量和作用力之间,被断言具有某一关系。但若我们不对力作进一步的探究,第二公理对于分析实际的运动就不会有什么好处。如果要使这种分析有进展,必须引入与力函数有关的专门假定,如牛顿在万有引力理论中作出的假定。现在,困难在于,既非运动公理也非牛顿为之提供的本文以一种一般的方式指明了要对力函数施加什么(若有的话)限制;只有通过考查运动公理在传统上应用到的那些问题的主要类型,才能得到这个对于确定力学的显著特征至关重要的信息。正是由于这个理由,对于"一个力学说明是什么?"的问题无法给予任何直截了当的回答。

我们已经指出,在运动公理中提到的两个词项是物体的质量和瞬时加速度。按照经典力学,质量只是物体的"附加"性质,这个性质不随着物体运动的变化而改变,它被显示为是物体对其速度变化所提供的抵抗。让我们假设质量的概念已相当清楚,而且可以得到把数值指派给他们的合适方法。接下来考虑瞬时加速度的概念。瞬时加速度被定义为一个数列的极限,该数列的各项是两个瞬时速度之差与一个时间间隔之比;一个瞬时速度被定义为一个数列的极限,该数列的各项是在一条直线上的一段距离与时间之比。我们暂时不考虑有关直线、距离、时间是如何得到指定的问题,同时假定这些概念也是充分清楚的;但瞬时加速度和瞬时速度预设的不过就是对时、空关系进行测度的某些数学运算。因此,我们的分析的第一个成果是:运动公理至少牵涉到三种数量,亦即空间(包括距离、角度、面积和体

积)、时间和质量的测度。

还有一个更困难的问题,即弄清楚力的概念中涉及到什么特征。牛顿本人提到过作用力的三种"来源"——撞击、压力和向心力;这个简要的例举暗示了标志着力学科学的这种力函数。然而,通过考查在这个问题上的大量现代论述,对于经典力学中采用的这种力函数,我们就能得到一个较好的梗概。[1] 这通常分为四个部分:(a)作为一切其他力学之基础的质点力学;(b)刚性力学;(c)弹性体或可变形体的力学;(d)流体和气体的力学。

a. 质点力学采用了两种主要的力函数:位置力——它只依赖于所讨论的系统中质点的位置和质量,但往往也依赖于对系统的要素进行表征的某些系数;运动力——它不仅是相对位置、质量和这些系数的函数,而且也是质点的相对速度和时间的函数。让我们逐一来加以考虑。

位置力可以分为两个亚属:向心力——这里,任何一对物体之间的加速度总是指向一个固定点;约束力——这里,质点被约束在某个指定的面或曲线上运动。向心力的最熟悉的例子大概是牛顿的万有引力。类似的约束力的例子是作用在单摆上的力;在这一情形中,力函数是按照一个变化的距离和一个系数来指定的,而这个系数的值可以从万有引力常数和某些纯几何量中推算出来。

在运动力的情形中使用了各种类型的力函数。阻尼振荡(其例子是一个通过抵抗性媒介如空气而运动的摆)的研究就需要一个依赖于物体的可变距离和可变速度、依赖于两个恒系数

---

[1] 例如,A·G·维伯斯特:《质点、刚体、弹性体和流体的动力学》,纽约,1922年;乔治·乔斯:《理论物理学》,纽约,1934年。

的力函数。这两个常数之一可以从万有引力常数和该系统的几何学推出,另一个常数是阻尼系数,它的值取决于振动所发生的特定媒介。受力振动(或共振)中采用的力函数是按照已提及的、与阻尼振动相联系的一些因素来指定的,除此之外,还必须添加一个可变的时间和某些其他常数——这些常数是该物理系统的几何学和周期的函数。

b. 接下来我们转到刚性力学,它处理这样的东西,比如说,环绕着固定点和轴的各种形状的固体的旋转、复合摆的振动、平面上物体的滑动和旋转。出于理论分析的目的,由于可以把一个刚体看作其相互距离保持不变的无限多的质点的聚集体,因此刚体力学可以从质点力学中发展出来;可以认为刚体的力函数是借助于种种数学运算从质点力学所采用的力函数中复合出来的。然而,除了已经提到的这些变量和常量外,刚体力学的力函数往往也包括摩擦系数。对于一对既定的物体,这个系数是一个常数,但其值可以随着运动期间物体可能接触的各种表面而变化。

c. 在可变形体——亦即构成它们的质点可以相对滑动的物体——的力学中,还需要另一种系数。可变形体的力学其中要分析物体的碰撞、物体受压力作用的压缩以及在应力作用下的伸展。这些额外的系数中最熟悉的莫过于线性弹性系数(杨氏模量),这个系数的值随着不同的材料而变化。然而,在有关形变的更复杂的问题中,还需要其他几种类似的系数。

d. 最后,在流体和气体的力学中,起着重要作用的两个系数是粘滞系数和表面张力系数,二者都随着所讨论的物质的类型而变化。

虽然现在我们已经概述了那些专门致力于力学的专题论文的共同论题,但我们完全没有穷尽牛顿的运动分析的应用。例

如，带有一个电荷的物体在另一个带电体的影响下的运动方式是可以用牛顿方程来表述的。尽管在这一情形中，力函数会含有对电量进行指称的词项（根据电学定律），但对这种运动的说明往往也称为机械说明。类似的观察对于在磁体影响下的磁化体的运动同样有效。因此，除了先前引用的量外，在通常所说的力学说明中，力函数也可以提到作为决定因素的电荷、磁场强度及其他几个东西。总之，对实际的物理实践的巡视表明，根据牛顿运动方程可以成功地处理大量问题，大量的不同因素也可以进入力函数的指定之中。因此，"力学"和"机械说明"这两个名称有一个广泛的但不精确的应用范围。不过，正如我们马上就会看到的，按照力函数的构成所受到的种种约束，如果要把这些力函数算作"力学的"力函数的话，则也可以给予这两个名称一个更狭窄的或包容性更广的内涵。

5. 让我们先总结一下这个观察的结果。力学中使用的力函数是按照一套参量中的一些或全部来指定的，参量要么是变量要么是常系数。变量在一切情形中都是空时量：距离、角度、时间间隔、速度等等。常系数又有三种主要类型：普遍常数，比如万有引力常数，不管所研究的材料是什么，其值都是相同的；在不同的问题中具有不同的值的常数，但这种常数（像在分析受约束的运动时所需要的常数一样）原则上可以从普适常数和所讨论的物理系统的几何学中推算出来；诸如质量系数、弹性系数、粘滞性系数、电荷系数和磁场强度系数这样的系数，这种系数对于不同的物体或材料有不同的值，但是其值一般无法从几何考虑中求出来，而必须以某种独立的方式确定。

力学中似乎只采用一个普适量。在经典力学中，一个物体的质量（一个第三种类型的常数）是牛顿质量。它是物体的一个"固有的"性质，不依赖于物体的速度。此外，如果 m_1、m_2 分别

是两个物体的质量，则由这两个物体组成的系统的质量是 m_1+m_2。另一方面，在相对论中，一个物体的质量不再是一个常数，而是相对速度的函数，在以上指出的意义上，它不再是"附加的"。为了简单起见，我们将假定以下所涉及到的正是一个物体的牛顿质量，但如果我们把"质量"理解为一个物体的相对论质量，则这种讨论实质上并未改变。对第三种类型的常量提供一个完全的列举是困难的。然而，按照可以构造这种常量的一个列举这一假定，[①] 在经典力学的意义上，就有可能阐明机械说明的特征。

在这个短语的含义最广的意义上，一个力学说明是满足如下三个条件的说明（我们称之为 M）：(a)其基本的前提断言：一个物理系统中动量的时间变化率是作用在其上的力的量值和方向的函数。(b)一个物体的动量变化的方向沿着作用力的方向，与几个力相联系的动量变化的方向沿各个分力的矢量和的方向。(c)力是完全按照物体的空时量和空时关系、一个普适常数以及一些其值依赖于一个既定的物体系统的个别性质的常系数来指定的。[②]

然而，如果要把一个说明看作力学说明，有时就要对它提出

---

① D·霍奇曼、N·A·朗格编著的《化学和物理学手册》提供了明显地属于这个范畴的 8 个系数的值的表。

② 对力学说明的本质的这一论述实质上不同于把力学作为物质和运动的科学的传统定义，或者不同于对力学的这一通常表征，即把力学作为处理那些可以按照质量、长度和时间来"定义"的事物的性质的科学。然而，目前的论述确实试图阐明这些更通常、更简洁的表述断言了什么东西，同时纠正这些表述中明显缺乏的一切东西。例如，说力学完全致力于研究可以按照质量、长度和时间来定义的性质还不充分，因为没有明显的理由认为比方说当线性热膨胀系数和电阻系数不能这样定义时线性弹性系数可以这样来定义。情况或许是这样的：按照公开的实验程序，一切所谓的物质性质的系数都是在长度、时间和质量之关系的基础上定义的，不过也有这种情形，即不是一切物理学分支都成为力学的各个部分。

一些限制性更强的条件。让我们考虑一些历史上比较重要的说明。虽然万有引力理论正是牛顿本人提出的,但由于该理论涉及到“超距作用”的概念,牛顿并不认为这个理论在根本上是满意的,相反,他认为超距作用概念是“一个如此之荒谬的概念,以致于我认为,只有一个人在哲学问题上有着足够的思维才能,他就不会陷入这个概念”。因为他认为“简直无法想象没有生命没有意识的物质,如果没有某个其他的非物质的东西为中介,没有相互接触的其他物质,相互间怎么会施加作用和影响呢?”① 牛顿明显地渴望的、由笛卡儿及其追随者很清楚地阐明的东西,是只采用与接触作用相对应的力函数的力学理论。因此,如果认真地看待牛顿对超距作用的不满,那么实际上就要对那些“真正地”算作力学说明的说明施加一个专门的限制。

不过,万有引力函数完全是按照普遍适用的万有引力常数、距离和质量系数来指定的。因此,在对不同类型的参数的使用中,它比接触作用的力函数更经济。因为后者往往不仅涉及空间变量和质量系数,而且也涉及弹性系数、摩擦系数和粘质系数。另一方面,人们一旦力图把“真正的”力学说明限制到按照接触作用进行的说明,那么他们有时就会认为,物质之间的种种专门差异(在接触作用的力函数中是由种种专门的系数来表达的)在根本上来说必须完全按照在那些物质的微观结构上的时空差异(或者至多加上质量分布上的差异)来加以说明。实际上,笛卡儿物理学就是这种极端理想的表现。笛卡儿认为“物体的概念不在于重量,不在于硬度,也不在于颜色等等,而只在于广延……因此整个宇宙中只有一种物质,通过延展它这个简单

---

① 《伊萨克·牛顿论自然哲学的书信》(I·R·柯恩编),坎布里奇,马萨诸塞州,1958年,第302—303页。

的事实我们就知道了这一点。物质上的一切变化，或者形式上的多种多样性，取决于运动。……运动就是物质的一部分或一个物体从与之直接接触的那些我们认为处于静止的物体的邻近部位进入其他邻近部位的转移。”① 实际上，现在理论物理学史的一个重要的部分就在于力图表明：特殊的物质常数（如粘质常数）可以按照这种更严厉的力学理论来说明。

因此，在物理学的历史文献中，我们可以区分出至少三种意义的“力学说明”，虽然另外的区分也很容易作出。我们按照逐渐严格的顺序一一加以阐述。②

a. 把一个说明算作力学说明的一个最不强的要求便是上述三个条件 M。为了说明宏观现象的运动，这些条件既不要求也不排除设定亚微观粒子或过程（如原子或某个假设媒介中的旋涡）。由于一般地说，出现在满足这些条件的说明的理论前提中的参量具有不同的类型（如常系数可以是质量、电荷、弹性、摩擦等系数），因为我们可以把这些理论称为**非限制性力学理论**。物理学中的力学说明基本上属于这种类型。

b. 对一个力学说明的一个更强的要求是它满足 M 的头两个条件，但力函数完全是按照时空变量、万有引力常数和质量系数来指定的。牛顿的万有引力理论提供了这种类型的说明。然而，明显的是，如果满足该要求的一个力学理论对于经典力学中

① R·笛卡儿“哲学原理”，第 2 部分，原理 4，原理 23 和原理 25，载《笛卡儿哲学著作》，E·S·霍尔丹和 G·R·T·洛斯编辑，剑桥，英国，1931 年，第 1 卷，第 255、265、266 页。

② 参见 C·D·布罗德：“力学说明及其取舍”，《亚里士多德学会文集》，伦敦，第 19 卷，第 85—124 页。贯穿本章第 1 节的讨论很大程度上借助于布罗德的这篇文章。

所处理的一系列通常的问题是合适的，那么它必须假定亚微观粒子和过程。这样所假定的这些实体必须能按照运动公理来分析；它们的质量的时空组织必须说明宏观物体的性质之间的特定差异。另一方面，一个满足该要求的理论不一定要采用在每个问题中都具有同一形式的力函数。它可以在处理一个问题域时采纳一个与牛顿万有引力理论中的力函数类似的力函数，而在处理另一个领域时采纳一个形式不同的力函数。由于出现在遵从这一要求的理论中的参量被狭窄地限制到通常所说的有特色的力学参量，因此我们把这种理论称为纯力学理论。这样就把通常对力学的定义——把力学定义为其基本的量是空间、时间和质量的科学——看作是对这些理论的规定特征的简略表述。力学作为普遍的自然科学的传统观念似乎已把纯力学理论采纳为这门科学应努力实现的理想。

c. 最后，如果除了满足对纯粹力学说明的要求之外，还指望一个力学理论只采用具有唯一的规定形式的力函数，那么就需要施加一个更加严厉的要求。比如说，这个力函数可以被限制到与向心力相联系的形式（如牛顿万有引力理论的平方反比形式），或者被限制到具有完全弹性体之间的接触力的形式。我们把这种理论称为单一的力学理论。笛卡儿物理学就设想了一种与此相似的力学，虽然如已指出的那样，笛卡儿的理想施加了甚至更加严厉的要求，因为按照这个理想，时空参量是一个根本上令人满意的理论所允许的唯一参量。19世纪期间，亥姆霍兹和开尔文都力图相当详细地发展出单一的力学理论，虽然他们的努力只获得了有限的成功。思想史家所说的"机械自然观"好像就是这样一个曾被广泛持有的观点：一切物理现象（若不是生命现象的话）最终都可以用一个单一的力学理论来加以说明。

这个冗长的讨论因此表明：对“力学说明是什么?”这一问题可以给出几个回答。其中一些回答并不比其他回答精确，因为如同我们看到的那样，如果不先完整地列举那些可能出现在非限制性力学理论中的常量，也就是说，如果不对牛顿公理(等价公理)在其中起着作用的科学分支作一完全的考查，就不可能明确地定义这一类力学理论。这个讨论使人们想起，关于其他科学分支的类似问题——如“什么是生物学说明?”或“什么是社会学说明”——不可能得到比我们所考虑的这个问题更加精确或限制性更小的回答。不过，这个讨论也弄清楚在我们已经区分的“力学说明”的一切意义中，有一个共同的意义核心。而且，对于表征不同的科学分支中种种说明系统的特征，因此，对于考察有关不同的说明系统之间的依赖关系的重要的方法论问题，这个讨论论证了一种探讨的方法。然而，在考虑这些问题之前，我们首先必须处理力学公理所提出的一些关键问题。

二、力学科学的逻辑地位

牛顿力学理论已有一个漫长的成功历程，这个历程一定比具有相当范围的其他现代物理理论要悠久。牛顿理论的说明力的范围不如曾经所假设的那样广泛，它所提供的分析在应用于那些与光速相比具有相当大的速度的物体时，实际上是不正确的，这在现在已是一句平常话。不过，作为对一大类现象的一个精确理论的一种至少是相当好的近似，作为许多重要的实践技术的基础，牛顿理论在可以预言的将来无疑将继续被接受。

尽管牛顿力学在近代科学史中已起着非凡的、成功的作用，但自从牛顿首先表述了他的运动公理以来，牛顿力学的基础就

一直处于富有生气的争辩之中。此外,虽然运动公理在两个多世纪以来一直受到杰出的物理学家和哲学家们的批判性关注,但在这些公理所断言的内容及其逻辑地位上,仍然存在着广泛分歧。运动公理(或其逻辑等价物)已被看作是先验真理,是能够以无可置疑的确定性加以断言的;是实验科学的必然假设,虽然不能用逻辑来论证或用观察来反驳;是"从现象中进行归纳而收集到的"一般概括;是由观察事实所提示的一般假说,不同于与证实它们的实验证据有关的或然性猜测;是没有任何经验内容的隐藏起来的定义或约定;或者是获得和组织经验知识的指导原则,但本身并不是经验知识的真正实例。

对运动公理的地位的这些可能的解释既给人以深刻印象而又让人为难。因为即使一些抉择由于不再可靠而立即被打发掉,但仍有充分的理由表明,这些与一般的科学逻辑、而不仅仅是与力学科学有关的问题是至关重要的。这一节的目的正是要考查关于运动公理的一些可供选择的观点,部分地为了牢固掌握力学科学中出现的逻辑问题,但在很大程度上是为了进一步澄清理论说明的一般结构。

1. 第一运动公理　略为注意一下就会明白,当孤离于某些所需要的文本说明来考虑第一运动公理时,作为一个想具有经验内容的陈述,这个公理是严重不完备的。如果不进一步阐明如下三个问题——(1)一个物体的运动所涉及到的空间参考系是什么?(2)在测量速度时所使用的计时器系统是什么?(3)决定作用力存在或缺乏的标志是什么?——那么,说一个物体将继续保持它的静止状态或在一条直线上匀速运动,除非作用在其上的力迫使它发生变化,也就是没有说什么确定的东西。例如,相对于空间参考系和时钟的一个系统而以均匀速度运动

的一个物体，相对于一个经过合适选择的不同的参考系就具有一个加速运动。因此，这些问题每一个都是引起众多争论的题材，而且每一个都以不同的方式得到回答。

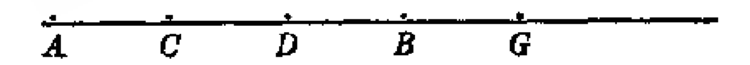
a. 目前让我们假设已经充分地明确一个物体的运动所要参考的空间参考系——不管这个参考系是牛顿的“绝对空间”，是“固定的行星”，还是什么别的东西；在第九章中我们再适度地讨论这个问题。通过引人在其余的问题中涉及到的困难，让我们考虑一个在历史上著名的且有影响的论证，这个论证的目的是要用先验推理来确立起第一运动公理。① 在达朗贝尔首次出版于18世纪的《论动力学》中，他宣称：

> 一个静止的物体仍然保持静止，只要外在的原因没有使它运动。因为一个物体本身无法产生运动，这是由于不存在它应该在这个方向上而不是在那个方向上运动的理由。由此推出，一旦一个物体由于任何原因而开始运动，它本身并不能使这个运动加速或减速。
>
> 由于某个原因而进入运动的一个物体必定继续沿一条直线匀速地运动，假若没有任何新的、与使之运动的那个原因不同的原因作用于它的话。这就是说，只有没有任何与启动这个运动的原因不同的原因作用于它，它就永远在一条直线上运动，而且在相等的时间内通过相等的空间。

① 这样的论证已有许多，其中一些是由欧拉、康德、拉普拉斯和麦克斯韦提出的。我们之所以在正文中选用这个论证，是因为它比其他熟悉的论证表述得更明确。对第一定律的讨论的一个新近概述，参见G·T·惠特洛：“论动力学的基础”，载《英国科学哲学杂志》，第1卷，第92—107页。

因为要么在一开始，力的不可分割的瞬时作用就足以使物体通过一定的距离，要么物体对它的运动要求运动力的这种继续作用。

在第一种情形中，明显的是，物体通过的空间只能是由它匀速地通过的一条直线。因为一旦经过了第一个时刻，(按假设)动力就不再存在，而运动却继续着。因此它必然是一种匀速运动，由于一个物体本身不能使其运动加速或减速。而且，不存在该物体为什么要偏向右而不偏向左的理由。因此，在第一种情形中(这里我们假定物体本身不能不依赖于动力而运动一定时间)，在这一段时间内它本身将均匀地沿一条直线运动。然而，一个能够这样运动一定时间的物体必定继续以同样的方式匀速运动，如果没有什么东西阻止它这样做的话。因为假设一个物体在A点开始运动，它自己能够通过线段AB。



在这条线上取位于A、B之间的任何两个点C和D。现在，除了是在不同的位置外，物体在D处时的状态完全等同于它在C处时的状态。因此，物体在D处的状况必定等同于它在C处的状况。但是在C处，(按假设)物体能够匀速地运动至B。因此在D处，它本身就能匀速地运动至G，这里DG＝CB，等等。因此，如果运动原因的初始的瞬时作用能使物体运动，那么，只要没有新的原因阻止它，物体就能均匀地沿直线运动。

在第二种情形中，由于假定没有任何与那个运动

> 原因不同的新原医作用于物体，因此就没有什么东西决定物体的运动速度的增减。由此推出那个运动原因的继续作用将是匀速的和恒定的，这样在它正在作用的这段时间期间，物体将沿直线匀速地运动。但是，从使得运动原因在某一时间期间匀速而恒定地作用、并且只要没有什么东西阻碍其作用，它就继续这样作用的同样理由，可以清楚地看到，这个作用必定还是同样的，并恒定地产生同样的结果。①

然而，这个论证败在一个关键点上，即使我们忽视达朗贝尔的这个不言而喻的假定存在的困难，这一假定是，绝对静止和绝对速度的概念在物理上是有意义的。达朗贝尔简单地假定，需要用一个力来说明一个物体的均匀速度的变化（这里，静止状态是均匀速度的特例），但说明一个物体的纯粹位置的变化则不需要什么东西。然而这是以要讨论的整个问题来进行辩论。为什么应该把均匀速度选作不需要按照力的作用来说明的物体的状态，而不是把均匀静止或均匀加速度——或就此而论，物体的某个更为不同的运动状态（如加速度的时间变化率的不变性）——选作这样的状态呢？在纯粹先验的根据上，这些抉择都有同等的价值，其中没有一个抉择是逻辑上自我矛盾的；实际上，亚里士多德关于地球上的运动的力学就是基于这些抉择的第一个，而其天体运动理论则立足于第二个。

或者考虑达朗贝尔对所谓的“充分理由原则”（或对称性原则）的使用，他用这个原则来确立这一结论：一个物体不能使自己进入运动，它本身也不能使它所具有的任何运动加速或减速，

---

① J·达朗贝尔：《论动力学》，巴顿，1921年，第1卷，第3—6页。

因为如果它能这样做，那么就不存在由此会产生的不对称性的理由了。但是，一个类似的对称性论证可以用来表明，当在力的作用下一直在运动的一个物体摆脱了作用力的影响时，它将继续以一种被加速的方式运动。例如，假设一个物体正在沿一个圆形轨道以恒常的速度运动，以致于它正在经受加速。按照牛顿理论，这个物体必定受到一个向心力的作用。现在假设取消这个向心力。那么按照牛顿的分析，该物体必定以同样的速度沿圆的切线继续运动。然而，根据对称性考虑，人们可以论证支持一个不同的结论：在那里，物体改变其运动特性的"理由"何在？为什么它应该沿着切线、而不是沿着（比如说）切线的径向射线运动？因为如果它沿着切线运动，它就会运动到若它仍然还在圆上它就会占据的位置的左边（或右边）。因此该物体必定继续环绕着它原来的轨道运动。这样一个论证当然是无价值的。它之所以无价值，乃是因为人们总是能够在一个物体的一个既定的运动状态中揭示出种种不同的对称性和不对称性；纯粹逻辑的考虑不足以决定这些对称性中的哪一个构成了该物体运动的实际决定因素。

b. 但是，虽然达朗贝尔的论证并没有确立起他信以为能确立起来的东西，但这个论证可以被解释为确立起别的东西。可能会问，断言一个物体没有受到力的作用的标准是什么？假设答案是：这个标准就是物体维持静止状态或在一条直线上的匀速运动状态。如果这就是判定不存在着作用力的标准，那么实际上达朗贝尔的论证的确通过先验推理确立起第一公理，然而，这样一来这条公理就是一条隐藏起来的定义，一个约定——它指定了人们据以说没有作用力作用在一个物体上的条件。这样达朗贝尔的论证不过是对如下老生常谈的一个冗长的、也许是引人歧途的证明，即"每个物体继续处于静止状态或在一条直线

上匀速运动的状态，除了它不这样做之外。"①

有时已提出另一个理由来主张第一公理只是一个定义。因为，如已指出的那样，除了假定一个确定的空间参考系之外，在其通常的表述中，第一公理把一个确定的计时系统和一个判定力不存在的标准看作是理所当然的。这样，如果可以得到某种并不涉及到明确地或隐含地使用这一公理的方法来鉴定力的不存在，那么就可以把这个公理解释为"均匀运动"或"同等时间间隔"的隐含定义。这就是一些物理学家如开尔文和泰特在重新表述这一定律时所采纳的见解，他们把这个定律读作"没有受到外力强制改变其运动速度的任何特定物体通过相等的空间所耗费的时间是相等的。"②

然而，这些考虑确立起第一公理"实际上只是"一个隐藏起来的定义的结论吗？这个观点一定没有被牛顿、达朗贝尔以及其他对力学科学做出过杰出贡献的人们所享有。为了支持把第一公理解释为是在某种意义上具有经验内容的陈述，我们必须作进一步的考虑。

这个解释只有在如下主张能够得到充分的辩护时才是可能的，即：不诉诸第一公理就能鉴定力的缺乏和等时性。这个主张部分依赖于历史考虑，部分取决于对实际的科学实践的考虑。这样支持这个主张的人们正确地指出，早在还没有表述第一公理之前，人们就采用了力和等时性的概念，甚至发展出测量它们的方法，不管这些概念和方法是多么粗糙，缺乏合适的定义。力

---

① 参见A·S·爱丁顿：《物理世界的本质》，纽约，1928年，第124页。虽然牛顿没有假设他的第一公理本质上是一个定义，但他的解说有时似乎使他承诺了这一观点。在这点上，参见第187页以后。

② 威廉·汤姆逊（开尔文勋爵）和P·C·泰特：《自然哲学论》，剑桥，英国，1883年。

的思想源自于体力劳动中肌肉感到的紧张，随后这一思想就与秤杆、液体以及受到各种负载和压力的喷泉的行为相联系，这种看法至少是合理的；[①] 计时仪的历史提供了许多用来定义和测量等时性的机制的例子——比如说水钟、沙钟、标准烛，这些机制不是根据运动公理来构成或评价的。因此有势不可挡的证据反对这一论点：只有根据第一公理才能确定力的缺乏和等时性。

只有在我们转到第二运动公理之后，才能进一步讨论力的定义和测量。但现在需要注意在时间测量的历史和实践中显示出来的一个一般特点。如果第一公理不衰退为一个定义，那么必定有办法不依赖于这一定律的使用来测量时间，这看来是自明的。但不管怎样，这点也是明显的：某种周期性的过程被选择来作为一只钟，以此来定义时间间隔的同等性，这样就产生了为了这一目的应选择哪个过程的问题。因为不同的周期性机制作为钟似乎并不是同样好，由于某种节拍，我们的周期比其他周期更"有规则"或更"均匀"。这样自然就产生了这一问题：是否存在着某种鉴定是"绝对规则"的钟的方式，或者，最终是不是不必按照第一公理（或某个其他的理论公设）来定义"真正的等时性"，以致于第一公理终究成为一个定义呢？正是这种困难导致牛顿区分"绝对"时间和"相对"时间，但他的绝对时间定义作为计时仪的实际基础是无用的，甚至于不管那个定义是不是"有意义的"。[②]

---

① 参见马克斯·雅默：《力的概念》，坎布里奇，马萨诸塞州，1957年

② 牛顿的定义是："绝对的、真实的、数学的时间本身而且就其本质来说是相等地流动的，与任何外在的东西无关；相对的、明显的、普通的时间我们用另一个名称称之为时间间隔，这种时间是用运动的方式对间隔的某种可感觉到的外在（不论是准确的还是不相等的）测量，通常所使用的就是这种时间而不是真实时间；比如说一小时、一天、一月、一年。"——《自然哲学的数学原理》，弗洛里安·卡约里编辑，伯克利，加利福尼亚，1947年，第6页。

c. 然而，由于物理学显然是一门欣欣向荣的科学，显然能够以某种方式消除这个困难，我们现在必须纲要性地指出如何做到这一点。为了确定我们的思想，假定一开始就把一个具有一定构造的水钟指定为时间的测度。这样，借助于这个水钟，我们便试图寻求把种种过程与这些过程通过一定路程所花费的时间联系起来的规律，这个时间是按照这个标准水钟来定义的；我们会在这些过程的发展方式中发现一种粗略的规律性。比如说，我们会发现单摆要完成一个振动大致需要同样数目的(水钟的)时间单位，一个球沿一斜面滚下的距离总是近似地正比于(水钟)时间的平方。但我们也会发现，尽管有这种粗略的规律性，在某些场合，摆要完成一个振动，需要比在其他场合更多的时间，不管我们如何仔细地处理我们的分析，甚至在已经识别出影响摆运动的种种干扰因素(如在悬挂点上的摩擦，空气阻力等等)并且把这些因素减小到最小之后；在球沿斜面滚下的情形中，情况也类似。现在我们可以把这个问题放在这儿，并作出这一推断：这些物理过程只是显示一种近似均匀的行为，这样我们为之表述的规律只是近似为真。但对我们来说还有另一种可能性，即宣称水钟是"不精确的"，并采纳一个不同的钟作为标准。

正如我们所假定的，如果没有对"绝对时间"进行测量的仪器，那么我们说这个钟是"不精确的"，这意味着什么呢？如果我们决定放弃水钟作为我们的标准，那么我们沿什么方向来寻求一个新的钟呢？对第一个问题的一般回答是：水钟在如下意义上是不精确的，即一方面，如果把它看作标准，那么必须认为大量过程在要求它们完成其循环的时间中显示了不规则性，这种不规则性显然不能按照可以识别的干扰因素来说明；另一方面，如果采纳某个其他的钟作为标准，则这些不规则性就会消失或

者明显减弱。对第二个问题的回答是，我们将寻求这样的周期性机制作为钟，这种机制使我们能相对于其各自的周期比较和鉴别大量过程，而且使我们能够越来越精确地确立起有关这些过程的持续和发展的一般规律。

为了更清楚地明白这一点，让我们假设，放弃水钟作为时间的标准测度，采纳具有指定构造的单摆作为时间的标准测度。进一步假设，在采纳水钟作为标准时看起来不规则的许多过程（如沿一个斜面滚下的球，声音的传播，地球的旋转，多种化学转变）现在显示出很大的（如果不是完全的）规律性。由于采纳了这种新的计时器，由此就得到一个明确的优点。因为由于这一改变的结果，在各种过程的周期之间就发现了依赖性，而如果我们保留旧钟，这些依赖性就不会引起我们的注意，或者我们获得的表述是如此之复杂，以致于它们实际上毫无价值。但明显的是，对于放弃一个标准的时间测度而偏爱另一个过程，并没有必然的限制，而且，如果用比如说旋转的地球代替单摆作为标准钟，就会有进一步的收获。这儿勾划的这一方法例证了所谓的“逐步定义”过程，这是一个在现代科学史中多次碰到的过程。[①]

但还需要注意最后一点，这一点直接影响着运动公理的逻辑地位。因为，假设把旋转的地球采纳为标准钟，假设第一公理比较精确地得到许多研究领域中合适的实验和观察的多次证实——当然，这一切都是基于这一假设：缺乏独立的鉴定力。不过，我们可能会发现一些实验偏差，它们偏离了第一公

① 对与对钟之采纳相联系的这一过程的有启发性的讨论，参见路德维希·西尔伯斯坦：《相对论》，1924 年伦敦第 2 版，第 1 章。也可参见维克多·F·伦增：“经验科学的方法”，《国际统一科学百科全书》，芝加哥，1938 年，第 1 卷，第 5 号。

理使我们得到的推论，而且这些偏差不能被视为随机的观察误差，被归咎于干扰这些过程的任何可辨别的因素。又一个选择对我们开放。我们可以推断说第一公理及其推理只是近似为真，我们或许能以合适的方式修改这个公理。这种修改接着需要我们对该理论的其余部分来一个彻底的检查，涉及到使许多定理的表述复杂化。另一方面，我们可以认为第一公理是完全精确的，把对它的实验偏差归咎于在把旋转地球作为计时仪上产生的一些微小的"不精确"。不是指定某个其他的周期机制作为标准钟，现在我们可以把第一公理采纳为时间间隔相等的标准——两个时间被定义为相等的，如果在这两个时间间隔期间，一个不受任何力作用而运动的物体沿一条直线通过相等的距离。因此，按照这个二者择一的方法，虽然第一公理起初是在实验基础上被接受的，但它最终似乎取得了对实验资料进行解释的原理的地位，一个隐含地定义等时性的约定的地位。

假设采纳第二个选择。难道这意味着第一公理不再具有任何经验内容，而只是作为对时间进行测量的一个任意的规定吗？对这个问题无法给出任何直接的普遍回答，因为当这样来陈述这个问题时，它本质上是不完全的。它所提出的问题能够予以解决，只有当对力学理论采取了某个确定的表述时——这种表述不仅必须包含运动公理，而且也必须包括对其基本词项所采纳的协调定义的详细说明。因为如已经多次指出的，只有到了该理论的适量的基本词项与实验上可指定的概念发生联系时，一切理论假定才成为抽象的公设性定义，这些定义只是按照预期描述才有经验相关性。现在，以公设的方式发展力学理论这一定是可能的，因此，按照那种表述，第一公理就是关于等时性的一个任意的隐含定义；但同样可

能的是这样来表述这个理论，以便第一公理的确具有经验内容。但是，要知道究竟是相对于力学的哪一个表述，这个公理的地位才有待裁决，这不总是轻而易举就做得到的。不存在对该理论的法定表述，在不同的情景中，对它可以采取不同的表达方式。实际上，甚至于在一篇论文中，这个理论的可供抉择的基础可以暗中应用于不同的问题。这种研究方式的转变不一定是混乱的迹象。它们可能说明了这样一种灵活性：在一个高度系统化的和严格地编织起来的知识体系中，定义和经验内容有时可以相互转变。

但实际上，甚至于在只把第一公理看作纯粹定义的那些对力学理论的表述中，也存在着一些重要的（虽然有时被忽视了的）经验假定，它们支配着对第一公理的作用的采用。毕竟，甚至于在按照地球的旋转而不是按照第一公理来定义等时性时，在第一公理使我们预期的东西和我们实际上发现的东西之间的偏差并不很严重。在属于力学的应用范围的大量例子中，实际上作出的观察结果是相同的，不管是不是把地球作为计时仪，也不管是不是按照第一公理所提供的等时性定义来“校正”其观察到的旋转周期。

这一点是至关紧要的：虽然第一公理充当了按照一个既定的物理系统（按假设，没有外力作用在该系统上）来定义等时性的约定，但是，并不是通过约定，其他这样的系统在由第一个系统的运动定义为相等的时间间隔期间才显示出相似的规律性。例如，假设我们把一个不受接触力作用的既定物体 A 采纳为标准钟，又假设通过定义两个时期被说成是相等的，当 A 在每个时期期间沿一条直线走过相等的距离时。迄今我们还只是把第一公理用作一条约定，这样，“A 以均匀速度运动”这一陈述是“通过定义而为真”。但进一步假设另一个物体 B 在没有外力

作用下也沿一条直线运动。那么,B通过相等的距离是不是需要相等的时间,这显然不是一个通过约定就能解决的问题,因为是否实际上是这种情况最终只能通过观察B的运动来判定。因此,只是在如下有限的意义上,才可以说第一公理是一条约定,即在一个特定的物理系统运动的情形中,它可以被用来定义等时性。当采纳这一定义时,如果一系列无限多的系统显示了运动的周期性——这些周期性本质上类似于标准系统的周期性,结果任何一个这样的系统都像第一个系统那样适合于作为标准钟,那么就不能正确地说第一公理只是一条约定了。总之,当等时性一旦由一个既定物体的运动来定义时,如果实际上发现大量物体的运动都符合这条公理,那么第一公理不是"通过约定为真"。

无疑在理论科学中必须存在着一些约定,因为一些词项并不是本身就得到定义的。而且,一个理论所表达的关键之处可能不是固定的,而是可以随着一个理论所能得到的表述而变化。因此,在一个理论的一个表述中,或者在作为一个约定或一个定义形式而使用的情景中,被使用的一个语句可以在某个其他表述或情景中充当一个经验事实陈述。不过,由此推断说这样一个语句(它的一个实例可以是表述第一运动公理的语句)在一切情景都只是一个约定,或者推断说由于一个陈述的经验意义的一部分是由一个约定确定的,那么这个陈述本身只是一个约定,则是一个明显的错误。

d. 但还有一个问题:即使第一公理不是故意用作约定,那么能否恰当地把它作为一个处理经验内容的陈述呢?往往认为除了按照质点的概念和瞬时速度的概念来表述第一公理这个事实外,第一公理并没有经验内容。这个论点通常是基于这一主张:没有一个物体不受力的作用,实际上还不曾观察到在无限长

的距离中总是以不变的速度运动的物体。[1] 这个主张无疑是正当的，而且它对于如下观点是致命的，即第一公理是从观察到的实例得到的一个归纳概括，大致类似于"一切乌鸦皆黑"是立足于对一些乌鸦进行观察而得到的归纳概括。但是，虽然这个公理在这个意义上不是一个归纳概括，难道它就没有经验内容，难道它就不是立足于一种比较间接的经验证据吗？

有时使用两条论证路线来支持对这些问题的一个肯定回答。第一条路线概略如下：物体总是受到一些力的作用，还不曾观察到一个物体无限地保持一个恒定的速度，这可能是正确的。然而可以发现一些物体，它们比其他物体受到的力更少或受到的力的量值较小；一些物体可以逐渐地（如果不是完全地）远离力的影响。如果认为这些物体是按照它们显示的孤离程度而在一个序列中占据位置，那么在这个序列中占据位置较后的物体的运动比占据较先的位置的物体的运动，更少地偏离匀速状态。第一公理按照一个假设的限制性运动表述了这组复杂的事实，如果这个序列以一种理想的方式无限地延长的话。然而，绝不要拘泥于字面解释来读解这个公理；应该把它解释为是在断言

---

① 参见亨利·彭加勒：《科学的基础》，纽约，1921年，第94页。"许多基础教材的作者们满足于观察到，当一个曲棍球在雪上滑动时，雪越平滑，在达到静止之前受到一击的这个球运动得越远。因而他们要设想雪在极限中会变得完全平滑——成为对曲棍球没有影响的一个理想平面。由此得出了如下断言：曲棍球会以恒定的速度沿一条直线无限地继续运动。作为一个有启示的例子，人们很难对此作出批评，虽然指出这一点是合适的，即这个平面必定超越所指出的这一极限而被理想化，亦即，它必须在长度上是无限的，而且更重要的是，它必须是平展的，也就是说，它不能处于地球的表面上。与地球处于同一平面的一片完全平滑的雪并不奏效，因为在那种情况下，路径根本不是一条直线。由于与地球旋转相耦合的重力的影响，这条路径甚至不是一个大圆周。换句话说，这个例子起初看来不坏，但仔细一审视却是极其不幸的——对牛顿第一定律所尝试的任何大规模的非凡的例证，其命运大概也不过如此。"——R·B·林赛和H·马格瑙：《物理学基础》，纽约，1936年，第89页。

实际上没有不受力作用的物体，或解释为为了它的有效性而要求存在这样的物体。因为必须小心地处理关于极限的语言。在物理学中，如在数学中一样，一系列项有一个极限，这个断言最好被解释为是陈述一个关系性质的方式——这个关系性质表征这个序列的那些无疑存在的成员，而不要把它解释为这样一个陈述——该陈述证实了起初被认为并不是这个序列的某个成员的(可疑的)出现。因此，第一公理的确有一个经验内容，因为它表述了物体的实际运动的若干可鉴定的关系特征，而当这些物体按顺序排列起来时，它们都受到力的作用。

第二条论证路线部分地是对第一条路线的隐含批评。这条路线是通过指出如下这一点而开始的，即要独立于作为一个整体的理论来指定一个理论的一个部分的内容，一般来说是不可能的。尤其，这条路线认为，我们无法孤离于整个力学理论来证实第一公理，不考虑任何其他的理由，只须考虑如下理由就能表明这一点，即：任何这样的证实都涉及到有关作用在物体上的力的假定，因此涉及到使用力学理论的其他部分。因而提出问题的正确方式是，力学理论是否有一个经验内容？这里必须把"力学理论"理解为不仅包括三个运动公理及其各个词项的协调定义，而且包括那些有关力函数的专门假定。然而，当以这种方式来陈述问题时，由于没有谁会严重地怀疑该理论对实际运动的构成答案显然是肯定的。这样，由于第一公理本质上涉及到该理论所提出的对运动的分析，它因而有了一个经验内容。譬如说，该理论在分析由太阳的万有引力引起的一个行星的运动时，是通过把这个力分解成为两个分量而进行的：一个分量沿轨道切线，另一个分量沿指向一个固定点(太阳和该行星的质心)的直线。在按照这种假定来推断的理论轨道很好地符合该行星的观测位置的意义上，这个分析是高度成功的，因而证实作为一个

整体的该理论的证据也证实了第一公理。

因此，第一公理是一个需要从实验得到证实的普遍假设，因此它的确具有一个经验内容，这个主张不是没有坚实的基础的。但是，只有到了我们已经考查剩下的两个公理之后，我们才能评价这个主张，并把它与已经讨论的各个反主张联系起来。

2．**第二运动公理和第三运动公理**　一起来考虑剩下的两个公理是很方便的。正如第一公理的情况一样，我们将假定已经用某种令人满意的方式指定了物体运动的空间参考系。这样，由于经典力学中的时间测度已经得到了充分的讨论，有待考查的只是两个进一步的概念：力的概念和质量的概念。

a．力的概念一直是力学基础中大量困难的根源，正如已经指出的那样(原书第 179 页)，这个概念无疑源自于熟悉的人类工作的经验；日常的物理学论文中所使用的大量语言暗示：当说物体相互间"吸引"或"排斥"或相互间"施加力"时，在我们的机体中感觉到的那种像紧张的东西，正在被归咎于无机的自然界的动态交换。实际上，日常物理语言的这个暗示甚至走向了极端，像"力的作用"这样的表达式似乎把力设想为自身有权力具有"存在"或存在方式的实质性"实体"，不依赖于它们所作用的物体。对物理学基础所进行的大量的批判性工作，尤其是在 19 世纪期间，便旨在于从物理学中排除这些拟人的概念；今天大概没有任何物理学家，甚至当他使用拟人的语言时，想认真地使用这种语言，而不过是把它作为一种方便的说话方式。

这个批判性的清洗让人明白，通过类似于感觉到的力或现实的动源来设想的力，在力学理论中没有任何可辨别的作用，因此按照著名的奥卡姆剃刀，应该把这些东西从力学中清理出去，因为它们是一堆无用的破烂货。在一门定量科学中，对一个概

念的本质要求是要把它与识别和测量它所表述的性质的诸方式联系起来;一个拟人的力的概念只是在严格限定的领域内才满足这个要求的第一部分,而根本不满足第二部分。在物理学家当中,虽然在这种清洗的需要和效用上已达到了完全的一致,但在如下这一点上则存在分歧,即:究竟应以什么东西(若有的话)来取代力学中这个被清除掉的思想呢?

牛顿本人对力的概念的讨论表现出一种稀奇古怪的迷惑。他对"传递力"的明确定义是,这种力是"为了改变一个物体的状态——要么是静止状态,要么是沿一条直线的匀速运动状态——而施加于其上的作用。"[1] 这个表述虽然用了这么多的字,但并没有把传递力等同于"一个物体的运动状态的变化";相反,它把力与改变物体的动量的那些作用(或原因)联系起来,这样后者的变化看起来就是力的影响。但除了按照动量的变化外,牛顿没有提出任何对力的一般测度;不管其他的力是如何来识别的,它们都是按照它们所引起的加速度来测度的。另一方面,第二运动公理断言在动量上的变化正比于传递力。但显然,如果按照动量的变化来测度传递力,那么这个公理好像只是断言一个物体的动量的变化正比于在动量上的变化。据此分析,第二公理远远不是一个运动公理,而退化成为一个显眼的逻辑上的自明之理。[2]

无疑,牛顿并不想从他的公理中得到这种东西。但不管这个公理在他那儿意义何在,第二公理只是"力"这个词项的一个名义上的定义,这个观点现在已被广泛采纳,尤其是为这些物理学家所采纳,他们相信"力"的这个定义是对这个概念的拟人化

---

① 伊萨克·牛顿,同上引,第2页。

② 恩斯特·马赫似乎是这种观点的第一个明确的倡导者,看他的文章"论质量的定义",该文出现于1868年,后收入作者的《能量守恒原理的历史和根源》,芝加哥,1911年,第180—185页。基尔霍夫与玻耳兹曼一样,采取了类似的观点。

论述和“形而上学”论述的“唯一取舍”。在共同的实践中，通常以等式 $F=ma$ 来陈述第二公理，这就滋生了上述观点，而这个等式则暗示正在断言的东西是一个恒等式，因此这个公式表示一个分析真理。当然，明显的是，如果人们想以这种方式定义“力”，他们就必须提供一个独立的“质量”定义，而不涉及到使用第二公理；因此有人提议把力与加速度的比值作为“质量”的定义，而这个定义会使把“力”解释为质量与加速度之积成为一个循环定义。同样清楚的是，如果把第二公理理解为一个定义，则第一公理也必须被看作一个约定，因为这样一来除了按照物体的均匀运动之外，就别无它法识别传递力的缺乏。

关于“第二公理只是一个定义”这种观点能说些什么呢？在我们讨论第一公理的地位时指出的一些要点与目前的问题是有关的。无疑，对力学理论可以给出一个一致的表述，以致于如果“质量”和“加速度”要么被看作是该系统中的基本词项，要么是不诉诸力而加以定义的东西，那么“力”这个词项就定义为“质量乘加速度”。① 在这样一个表述中，除了把“力”看作是对一个较长的表达式的一个方便的简化外，实际上没有必要保留这个词，

---

① 例如，在马赫对力学的重新表述中(《力学科学》，伊利诺斯，1942 年，第 304 页)，他以如下各项取代了牛顿的定义和公理：

a) 实验命题 在由实验物理学指定的某些情形下，对立的物体在它们的连接线的方向上各自诱使对方产生相反的加速度。

b) 定义 任何两个物体的质量之比反比于这些物体相互之间引起的加速度之比。

c) 实验命题 物体的质量之比不依赖于物体的物理状态的特征——如果这些状态是电的，磁的，或诸如此类的状态，那么它们支配着所产生的相互加速度；此外，不管这些质量之比是直接地还是间接地达到的，它们都是相同的。

d) 实验命题 任意数目的物体 A，B，C，…在一个物体 K 那儿引起的加速度是各自独立的(由此即可推出力的平行四边形原则)。

e) 定义 动力是一个物体的质量的值与在该物体上引起的加速度之积。

因为每当这个词出现时，就可以用它的规定的等价物取代它而不丧失意义。按照力学理论的这种表述，牛顿第二公理可以毫无损失地省略，因为这个公理这样一来只是陈述一个分析真理。因此，如果第二公理只是一个定义这个主张不过是认为力学理论可以以这种指定的方式来表述，那么这个理论就是建立在坚实的基础之上的。

然而，把第二公理解释为一个定义的那些人，往往不仅仅是想主张这一点。他们通常假定对这种解释别无选择，因此不惜陷入力的"形而上学"概念之中。现在要加以考查的正是这个更激进的主张，我们将试图表明这是一个错误的主张。

一旦人们采取了这个观点，即第二公理当它出现在牛顿力学的表述中时的确有一个经验内容，那么他们就面临两个问题：(ⅰ)对力提供一个不依赖于第二公理之使用的一般测度那是可能的吗？(ⅱ)不管怎样，这样来分析第二公理以使它们并不还原到一个定义，而又不引入任何拟人的概念或"力"这个词的任何可疑的意义，这是可能的吗？对第一个问题的肯定回答需要对第二个问题的肯定回答。然而，正如将论证的那样，对第一个问题的否定回答(譬如说，如果证明不依赖于第二公理而要测度力不总是可能的)并不一定要求对第二个问题的否定回答。但是让我们看看在这两个问题上我们能够说些什么。

(ⅰ)已经指出甚至在牛顿之前，人们就认识到了静力(即与平衡中的物体相联系的力)的存在，并且发展出测量它们的方法。譬如说，原始的重量概念就是这样一个力的概念，重量可以借助于杠杆和弹簧来测量而不需要第二运动公理的假定。现在在某些情形中，在物体并不处于平衡的情况下，还有可能采用静力的概念来在实验上分析这样一个力的量值和它所产生的加速度之

间的关系。一个熟悉的例子便是系于一条长弹簧上的小砝码由于这条弹簧而运动；这条弹簧上的张力(即静力)可以由其伸长来测量，在其路径的不同部分砝码的动量的变化也可以被测量。因此，原则上有可能从实验上确定该砝码的加速度在其路径的不同部位是否正比于该弹簧的相应张力(因而是否正比于由该弹簧所施加的静力)。① 因此，可以不依赖于第二公理来识别和测量力，从而为后者寻求实验论据，这样的情形是存在的。

然而，要做到这一点一般来说是不可能的，不是因为得不到对在一既定的情形中假设出现的静力进行测量的技术手段，就是因为静力的概念不能有意义地推广到许多涉及到物体运动的情形。第一个抉择没有提出任何根本的问题，因此不必予以考虑；但第二个抉择的确提出了根本的问题。如果我们把一颗行星的加速度归咎于它的一个作用力，那么甚至在原则上也无法不采用第二公理的实验手段把这样一个力等同于一个可以测量的向心力。借助于一根把行星和太阳连接起来的延展的弹簧来测量作用在该行星上的力，这是一个奇特的幻想，而不是物理学。在这样的情形中(这些情形构成了以力学理论来分析的大多数情形)，作用在物体上的假设的力的量值和方向是从它们在这些物体上所引起的加速度推算出来的。因此，对第一个问题的回答是否定的。迄今为止，物理学还没有发现有可能提供一个不依赖于第二运动公理的对力的一般测度。

(ⅱ)但是，难道由此得出甚至在那些得不到对力的单独测度的情形中，也必须把第二公理看作纯粹的“力”的定义吗？必须这

---

① 这个例子是由诺曼·R·坎贝尔在《物理学基本原理》(剑桥，第559—560页)中给出的。类似的例子也可参见奥托·霍尔德：《数学方法》，柏林，1924年，第410页。

样来看待这个公理,这个推测部分地是由这种情况产生的,即在这个公理的明确表述中,通常并没有过多地述及力函数F,虽然实际上已经隐含地假定这种函数的类型是有限的,而且它们满足某些隐含的条件。如本章的第一部分所指出的,当实际上用这个公理来分析一个问题时,必须采纳一个特定形式的力函数,它具有一个确定的形式,而且含有明确阐明的变量和常量。第二公理并不明确地规定力函数的专门特征,因为这个特征可以随着问题类别的变化而不同;对一个问题进行研讨的物理学家要找到一个适合于手头情形的函数,必须依靠自己的机敏和好运。

不过,这位物理学家的选择暗中局限于一类相当有限的函数,不管这类函数的界限多么模糊。一般来说,力函数完全取决于要研究的这个物理系统离其他系统的相对距离,取决于某些物质常量(可能是普适常数,也可能是对一个既定系统来说是专门的常数),也可能取决于这些系统的相对速度或某些时间间隔的量值。而且,这个函数通常有这样一种形式,以致于当在它当中所提到的相对距离增加时,它的数值倾向于降低。最后,一般要求这个函数有一个相对"简单"的形式,即使这种暗中要求的"简单性"无法精确地表达,而可能完全是一个心理上的问题,并且随着求解微分方程的技术的改进,它很可能会变化。实际上,除非对力函数施加了某个简单性条件(不管这个条件是多么模糊地加以设想的),否则第二公理便冒着平凡地为真的危险。因为很容易论证,如果对一个数学函数的复杂性不加约束,那么总是可以构造这样一个力函数,其数值等于一个物体的动量上的变化。总之,我们可以认为第二公理所断言的是,对于动量的变化存在着这样的决定因素,这些因素可以以相对简单的方式得到表述,而且能够按照物体的空间构型和某些物理性质来加以指定。因此,如果以K来指称F被限制到的函数类,那么,不是

以这种方式来阐述这个公理，以至于它产生了一个定义等价性的现象(亦即，“力 F 等于质量和加速度之积”)，相反，按照对这个公理目前的解释，把它表述为“对一个物体的动量上的每个变化，存在着一个力 F，以至于 F 是 K 的一个成员且 F = ma”则无疑更清楚和更确切。

应该指出，另外还有两点影响着这个解释。第一，力的概念在力学中只起着辅助作用，这样说是有道理的。按照目前的解释，按照第二公理只是定义这一观点，“力”这个词项只是作出一般陈述的方便手段。因为甚至在第二公理的上述经过修订的表述中，这个公理实际上并不足以解决力学问题；只有在采纳了一个确定的力函数之后，才能找到这种解决。因此，解决实际问题所依赖的微分方程，只是一方面把动量的变化与一些变量联系起来，另一方面把这种变化与以某一方式相联系的常量联系起来；即使没有“力”这个词，这些微分方程也完全行得通。这样，设质量为 m 的一颗行星的笛卡儿坐标为 x_1、y_1、z_1，质量为 M 的太阳的笛卡儿坐标为 x_2、y_2、z_2，又设这两个物体之间可变化的距离为 r，则运动的微分方程取如下形式：

$$m\frac{d^2x_1}{dt^2}=G\frac{mM(x_1-x_2)}{r^2}$$

其余的坐标有类似的形式。这些方程断言各个物体的动量的时间变化率与其质量之积成正比，而与其距离的平方成反比；它们既没有提到“力”这个词也没有预设它的应用。由此可见，在第二公理的目前的解释和它只是“力”这个词的一个名义上的定义这一观点之间，没有任何基本成果上的根本差异。但无疑，在对一般力学理论的讲解中，保留“力”这个词是方便的。因为具有这样一个表达式是有用的，该表达式涵盖各种可以在不同问题

中采用的力函数，尤其是考虑到这一类函数又只是模糊地加以界定的，而不可能一一加以列举，则保留“力”这个概念就更为合理了。而且，借助于这个表达式，还有可能确立起许多一般定理，这些定理对于适用于力学理论的许多类型的物理系统是有效的，而不管所假设的力的具体特征是什么，譬如说，如下定理就属于这种定理：如果没有力作用在一个物体系统上，那么这些物体的动量之和在其整个运动中保持不变。

其次，虽然根据目前的解释，第二定律的确具有一个经验内容，不过它不能被任何可能的实验反驳。因为这个公理并没有指定将对某个特定的加速度进行说明的一个确定的力；它只是断言存在着这样一个力，这个力满足某些暗中假定的条件，但如何详细地指定这个力则是物理学家的事。但是，只要有可能确立“存在着一个力以致……”这种形式的一个陈述的矛盾命题，亦即，形如“对于一切的力 F，情况不是这样……”的一个陈述，则就能表明这种陈述是假的；一般地说，只要能够完全地考查满足规定条件的一切可能的力函数，就能确立起后面这种矛盾命题。但显然不可能完成这样一个考查，因为抽象地可能的力函数的数目是不确定的，可以逾越任何有限的极限。因此，虽然可以通过发现那些成功地说明了物体之加速度的合适的力函数来证实这个公理，但绝不能表明它是假的。

现在，正是由于这一理由，往往不把第二公理看作主要是一个关于加速度产生之条件的断言，而是看作对研究所进行的专门指导的简洁表述，看作一个方法论规则——当物理学家正在分析物体的运动时，这条规则指导他应该寻找什么。因为，就它不可能受到结论性的反驳这一特点而论，第二公理极像这样一条规则。站在物理学家的立场上来说，发现这个公理在指导其研究上失败，这并不一定使他放弃这种研究和摈弃这条规则。

因为这条规则仍然是一条好规则，这是由于按照这条规则来进行研究时一般总是以成功作为报答，而且，甚至只是有时有用的一条规则也胜于没有规则。实际上，当把第二公理看作一个调节原理时，在指导着建设合理的知识体系上，它一直是卓有成效的；如果继续把它接受为一条方法论规则，这显然不是因为它是对物体的运动进行分析的一条任意的、没有根据的规则。另一方面，虽然这条公理确实不能通过这样的研究来反驳，但是，如果在某些领域中发现这条公理在指导我们进行研究时始终导致失败，那么，放弃这个公理作为一个方法论规则（不管是永远地还是临时地），并且用一个更有益的指导原则来取代它，则是可取的。这实际上已经成为第二公理的命运。

b．最后让我们转到质量的定义和第三运动公理。牛顿特意指出他所相信的是这条公理的实验基础。他引用他人以及他自己做的一些实验证实了这一论点：当一个物体被另一个物体作用时，第一个物体的动量的变化与第二个物体的动量的变化量值相等但方向相反。但对这些量的实验确定显然预设了质量的概念，而牛顿对质量这个概念的论述尤其不能令人满意。牛顿把一个物体的"质量"（即它的"物质的量"）定义为其密度和体积之积；但由于他没有在一个地方指明如何测量密度，由于一个物体的密度一般是由它的质量和体积来定义的，因此牛顿对质量的论述全然无用。[①] 那么，怎样来理解"质量"呢（必须清楚地把它与"重量"分开）？又怎样来测量它呢？

有时说所谓"物体的质量"，我们不过是把它们理解为这样

① 虽然作为测量质量的一种方式，这个定义是无用的，但有一点要注意：牛顿想区分质量和重量，因为质量不像重量是在物体的运动下保持不变的性质。因此，他提出的定义可以认为是表述这个性质的不变性的一个尝试。

一组满足第三公理的恒等式的数值系数，这样据此观点，第三公理又只是另一个约定——这次是为了定义物体的相对质量。因此，如果两个物体 A 和 B 相互间引起的相对加速度是 a_{AB} 和 a_{BA}（这里 a_{AB} 是 A 的由 B 引起的加速度，a_{BA} 类似），那么按照现在考虑的这一观点，A 和 B 的质量就是这样来选择的两个数 m_A 和 m_B，以至于 $m_A a_{AB} = -m_B a_{BA}$。如果这个观点是正确的，那么当牛顿试图为他的第三公理提供一个实验基础时，他显然是在进行一项徒劳无益的探究。

但是，现在我们或许都很了解前两个公理的约定主义解释的局限性，要提防对第三公理作出类似的解释。的确，虽然实际上第三公理含有一个定义的成分，但这个成分不是这个公理的中心成分。以刚刚指出的这种方式来着手进行研究一定是可能的，这就是，引入两个数 m_A 和 m_B，以至于两个物体的一组确定的相互加速度满足方程 $m_A a_{AB} = -m_B a_{BA}$，把这两个数称为这两个物体的质量。但我们怎么能确信这些数总是实数呢？或者，不管这些物体的相对位置和相对速度是什么，它们的比值是一个常数呢？或者，这样定义的质量系数不依赖于这些物体的一切专门的性质（如它们的化学、热学或磁学性质）呢？或者，质量是加性的吗？或者，以这种方式指派给两个物体 A 和 B 的质量是与同样地指派给一对物体 A 和 C 以及一对物体 B 和 C 的质量是一致的吗？直接明显的回答是，如果“质量”是以这种方式来定义的，那么我们就不能确信任何这样的东西。因此，这里提出的“质量”定义并没有赋予这个词以在力学中实际上与这个词相联系的涵义；第三公理不仅仅是一个对质量进行定义的约定。

为了更清楚地看到在力学中使用“质量”这个词时所涉及到的经验假定，让我简要地勾划一下“质量”的这一定义——这个定义现在已经成为标准，但如果它被错误地解释，那么它似乎就

确立起第三公理的彻头彻尾的约定主义特征。[1] 又假设任何两个物体 A 和 B,它们与一切其他物体的影响隔离开来(可能是通过把它们移到离一切其他物体"充分大"的距离),它们之间相互引起加速度 a_{AB}和 a_{BA}。但是这一次让我们把这看作是一个实验事实,即:这些加速度的比值是负的,对于一切特定的物体来说,不管其位置和速度是什么,这个比值是一个常数,而且它不依赖于物体专门的物性。假设这个常数的值是 $-K_{BA}$,这样 $a_{BA} = -k_{BA}a_{AB}$;进一步假设当在相似的实验条件下把第三个物体 C 的加速度与 B 的加速度比较时,这些加速度的常数比值是 $-K_{CB}$,这样 $a_{CB} = -K_{CB}a_{BC}$。现在产生了一个问题:是否有可能从这些实验数据中推出常数 $-K_{CA}$(两个物体 A 和 C 的加速度之比值),也就是说,是否可能从其他的方程中推出 $a_{CA} = -k_{CA}a_{AC}$。答案显然是否定的,由于 K_{CA}的任何值在**逻辑上**符合其他两个常数的值。然而,作为一个附加的实验事实,让我们假设以这种指定的方式从**任何**三个一组的物体得到的常数总是这样相联系,以至于 $K_{CA} = K_{CB}K_{BA}$,这就是说,物体 C 和 A 的加速度的比值总是等于 C 和 B 的加速度的比值与 B 和 A 的加速度的比值之积。但接着假设把 B 和 C 结合起来形成一个单一的系统(B* C)。这样一来,在该系统和物体 A 相互引起的加速度的常数比值(亦即在方程 $a_{(B^*C)A} = -K_{(B^*C)A}a_{A(B^*C)}$中的常数)和其他提到的常数之间有什么关系呢? 又只有实验,而不是形式逻辑,能够作出判决;但是作为第三个也是最后一个实验事实,让我们假定一般来说 $K_{(B^*C)A} = K_{BA} + K_{CA}$。

我们现在准备定义"质量"。让我们把常数 K_{BA}、K_{CA}等等称

---

[1] 马赫是第一个提出这个定义的人。(马赫"论质量的定义")这个定义已被广泛采纳,虽然马赫的文章最初被拒绝发表。

为物体 B 和 A、C 和 A 等的“相对质量”；这完全是一个定义问题。但由于在前一段中假设的第一组实验事实，物体的相对质量在它们的运动下是不变的，且总是实数。接着把某个任意的物体（比如说 A）指定为具有质量 m_A 的标准物体，这里 m_A 是一个实数；譬如说，可以给 m_A 指派单位值 1。这又完全是一个约定。但作为第一组实验事实的推理，一切其他的物体 B、C…就与一组唯一的实数 m_B、m_C…发生联系，这些实数就被称为这些物体的“质量系数”或简称“质量”。把这些数称为物体的质量当然是一个定义问题；但相对于标准物体的最初选择和一个数值对其质量的指派，这些数并不随着物体的运动而变化，这个事实就不是一个定义问题了。而且，由于在前一段中提到的第二组实验事实，如果把某个不是 A 的其他物体当作标准质量，所产生的唯一差异不过是大小上的变化。譬如说，设若 A 有一个单位质量，因此 B 有一个值为 3 的质量，C 有一个值为 6 的质量；如果以 B 替换 A 作为单位质量，则 A 就有一个值为三分之一的质量，C 有一个值为 2 的质量。最后，作为第三组实验事实的推理，质量可以加和地组合，亦即，由物体 B 和 C 构成的系统（B* C）的质量等于 $m_B + m_C$。[①]

---

① 对“质量”定义的这一论述基于如下假定：质量可以被成对地指派给物体，这样除了所考虑的这两个物体外，处于一既定时刻的一切物体都假设已经移到了一个很远的距离。这显然是一个不现实的假定；譬如说，由太阳系构成的物体不可能随我们的意而被移动，虽然实际上可以决定它们的质量。在正文中概述的对质量系数进行指派的马赫方法，如果用来指派质量系数给不能成对地加以处理的任意数目的物体，则陷入困难，必须加以修改。不过，正文中这个简化的论述足以适用于我们的目的，当采用一个适合于处理更复杂情形的方法作为讨论的基础时，我们得到的结论本质上不受影响。参见 C·G·彭德森“对牛顿力学中质量的定义和决定的一个评注”，《哲学杂志》，第 7 期，第 24 卷（1937 年）；“一个进一步的评注……，”同上引，第 27 卷（1939 年）；“论牛顿力学中的质量和力”，同上引，第 29 卷（1940 年）；H·A·西蒙，同前引，以及“对力学公理化的讨论”，《科学哲学》，第 21 卷（1954 年）。

现在如果我们用这样来定义的质量的比值来代替在方程中表示第一组实验假定的常数，那么对每一对相互引起的加速度，我们就得到了形如 $m_{AB} = -m_{B}a_{BA}$的方程。但这只是对第三公理的表示。这样，这个公理的地位是什么呢？它只是质量定义的推理吗？它只是对这样一个定义的约定吗？答案现在豁然开朗。这个公理的**专门的数学形式**实际上是这个定义的一个推理。因为如果不是以这种指定的方式来定义质量系数，那么就有可能把它们定义为数 m 的某个函数——例如，通过把 m_A^2 或 $1/m_A$ 指派为 A 的质量系数。对把数值指派为质量之测度的每一个可能方式，这个公理都会得到一个稍有不同的数学表述；譬如说，对于提到的这种指派方式，相应的方程分别是 $m_A^2a_{AB} = -m_B^2a_{BA}$和 $m_Ba_{AB} = -m_Aa_{BA}$，而不是 $m_Aa_{AB} = -m_Ba_{BA}$。不过，这个公理不单独是“质量”**定义**的一个推理，因为它是这个定义加上如下事实假定的一个推理，即：对任何一对物体，它们相互引起的加速度的比值是一个负常数，这个常数不依赖于物体的位置、速度和特殊性质。类似地，在其传统的表述中，这个公理无疑已经充当了对一个令人满意的“质量”定义进行构造的指南，因为这个定义是这样来构造的，结果使得清晰地表述这个公理成为可能。不过，这个公理实际上不是“质量”的定义，以上勾划的“质量”的定义实际上把物体的“相对质量”与“它们相互引起的加速度的负反比值”等同起来。但正如已多次强调的，这个比值的不变性不是一个定义问题，第三公理的主要任务正在于证实这个不变性。

3．**最后评注**　　现在我们把在对运动公理的逻辑地位的讨论中已经出现的要点汇集起来，提出一些结论。

a．我们考察了一个旨在于通过先验推理来确立第一公理

的论证，发现它存在严重的错误。就其他的运动公理以及第一公理来说，还有其他的达到同一目的的论证；但考查会表明没有一个论证比明确地讨论的这个论证更中肯。[1] 实际上，按照牛顿公理在广义相对论中已经得到的重要更正，可以万无一失地推断说没有任何这样的论证能够成功。这个结论可以推广到其他物理学分支和其他科学部门的理论的基本假定上来。科学——尤其是在近几年来——为如下这个相当一般的论点提供了势不可挡的证据，即实证科学中没有任何理论具有先验真理的地位。

但我们必须简要地考查一些论证，这些论证不是要表明任何一组特殊的运动公理都是必然真理，而是要表明力学——不太严格地但一般地被设想为物体运动的理论——是一切其他科学无法回避的预设。一切变化，不管它们是什么，"都不过是发生变化的那个物体的各部分的运动"，这个观点的提出可以追溯到霍布斯，莱布尼兹也极力主张这个观点，它已被力学的奠基者们视为公理，甚至于在牛顿力学丧失了它作为普遍自然科学的威信之后还继续统辖着物理学家和哲学家的头脑。[2] 这个论点已经依据先验的理由、依据一般的经验考虑而得到捍卫。

哲学家和心理学家W·冯特发展了这个先验论证的一种形式。他的推理的实质如下：假设我们看见一个对象正在经历一

① 对第一公理的先验必然性的其他所谓的证明已由L·欧勒在《致一位德国公主的信》、I·康德在《自然科学的形而上学基础》以及J·C·麦克斯韦在《物质和运动》中给出。对第二公理的先验性的一个所谓的论证可以在保罗·纳托普的《精密科学的逻辑基础》(莱比锡，1923年，第367—372页)中找到。对第三公理的先验性的证明也见于以上引用的康德的著作中。

② 托马斯·霍布斯："关于物体的哲学原理"，载《霍布斯的形而上学体系》，玛丽·W·卡尔金斯编，芝加哥，1910年，第75页；C·W·莱布尼兹：《哲学基础手稿》，布希劳—卡西尔编，莱比锡，第1卷，第326页。

个性质变化，譬如说改变其颜色或温度。但是，虽然我们察觉到这个变化，我们假定在某种意义上这个对象仍然是同一个对象。就我们对已经发生的事件的实际直观而言，冯特继续认为，这种变化只是被显示为由一组性质所表征的一个对象的消失，而拥有另一组不同性质的一个对象的出现。我们的这一信念——这两个对象是同一的——因此必定取决于我们以某种概念方式把这两组性质联系起来。这样，我们对变化的直观得出两个对象，而我们对变化的概念则只设定一个对象，怎样使我们的直观与我们的概念相协调呢？通过假定一种根本不变的本质试图作出的调和不能令人满意；因为这样一来这种本质就是某种不可知的、超越于经验的东西。因此必须在经验自身之内来寻求对这个困难的解决，即通过发现对象的一些现象特征，这些特征在变化时就能被直觉到，不过仍然使对象处于未被改变的状态。但是按照冯特，一个对象能被察觉发生变化、但也被察觉为是自我同一的唯一方面就是在其运动上。“位移是事物中可直觉到的唯一变化，虽然有了这种变化，事物还是自我同一的。”因此，每个变化都必须归结到运动。一旦这一点确立起来，那么要把力学优先于其他自然科学分支这一点理解为一个显然合理的事情，就是轻而易举的了。[①]

冯特的论证很古怪。虽然这个论证明显立足于我们的感知直观和我们的变化概念之间的一种假设的不相容性，但实际上它完全是混淆了对象的“自我同一性”的不同概念（或隐含定义）的结果。把我们对变化的直观和我们对变化的概念放在一个对立的地位，这有什么意义呢，如果只是假设直观不含有对直接经

---

① W·冯特：《自然力学原理》，第2版，斯图亚特，1910年，第177—180页，也见他的《逻辑学》，第2卷，第274页。

验的东西的无论什么概念处理的话？如果我们不是按照某个概念体制来直观或感知对象，我们能够有意义地断言我们对性质变化的直观只是揭示了一个"对象"对另一个"对象"的代替吗？譬如说，当我们看见一个对象的颜色从绿到红发生变化时，我们看见的"对象"是什么呢？它是一张石蕊试纸吗？但如果这就是表征这个对象的方式，那么在颜色变化的前后，我们感知到的就是同一个对象，不是两个对象；因为在其习惯的意义上，一张石蕊试纸的概念并不使颜色的不变性成为必然。然而，如果假设看到的这个对象被表征为一张蓝色的石蕊试纸，那么在变化以后察觉到的就是一个不同的对象。因此，是否该对象已经发生了变化，对这个问题的回答依赖于在表征这个被察觉的状况时所采用的隐含的范畴体系。另一方面，如果提出这一主张，即没有任何类型的概念体系在被使用，那么按照对象上的变化来描述对变化的感知就是不合适的。而且，当我们感知到的只是一个对象的位置上的变化时，便认为我们感知到了一个保持其自我同一性的对象，这是以未经证明的假定来作辩论。在此时被看作直线而在彼时被看作曲线的一条线，或在此时相对于一个白色背景被看待而在彼时相对于一个绿色背景被看待的一个面，实际上在这整个运动中可能不被感知为自我同一的。因此，如果可以把冯特的论证作为试图按照先验理由来证明力学的优先性的一个公正的样本，那么这样的尝试必定被判定为是不成功的。

但力学的优先性也基于更经验的考虑而得到维护。也许，这种有待发展的最有力最有趣的论证是立足于这一主张：一切理论的实验证据最终都是通过利用其建构和操作只有按照力学才能加以理解的仪器来获得的。像天平和单摆钟这样的仪器清楚地例证了这个主张。但甚至像电压计和温度计这样的仪器

(它们可以用来检验那些并不属于力学的定律)在其构造上也涉及到力学原理:在设计伏特计或获得直径均衡的玻璃管时需要刚体力学,在获得仪器尺度上的相等距离时需要物理几何学中假设的基本力学。或许自然科学中所采用的一切仪器都不言而喻地假设了力学定律,人们现在已乐于承认这一点。但力学定律是由此涉及到的唯一定律吗?伏特计的操作难道不也涉及到专门的电磁定律吗?甚至在那些似乎完全是力学设计的仪器(如天平)的情形中,按照温度变化或磁变化的影响(亦即按照那些显然不是力学定律的定律)来分析这些仪器的操作,难道不往往也是必要的吗?在物理学史上,力学是第一个发展起来而臻于成熟的科学部门;在物理学研究的早期岁月中使用的仪器完全是按照力学来分析的。不过,最终发现力学定律并没有为理解和控制这些仪器的行为提供充分的基础。力学的历史优先性并没有为这门学科确立一个逻辑的优先性。

因此,我们必须推断说,既非运动公理也非力学的内在优先性是能够通过先验推理来加以证明的。

b. 已经屡次提出这一主张:这个那个的公理不过是定义,或者是只需诉诸定义就能得到保证的"真理"。实际上,这个约定主义论点有时已得到激进的引申,以致于一切理论乃至明显的实验定律都被分析为"伪装的定义",它们至多是行动规则而不是按照证据来判定其真假的陈述。譬如说,铅在327℃熔化这个陈述一般认为是一个实验定律,之所以接受它是立足于大量精心构造的实验,这几乎是毫无疑问的。但假设除了具有一个不同的熔点这一事实外,一位化学家发现了一种其性质与铅的性质不可区分的物质。则这个发现大概会否证这个定律。但按照激进的约定主义,即使这个定律表面上与观察事实不一致,它还是可以得到保留。因为这位化学家可能拒绝把这类物质分

类为铅，而给予它一个新的名字，这样就捍卫了这个定律。如果这位化学家这样做，则显然这个“定律”不过是对“铅”这个词项的定义（或部分定义）。而且，这个论证继续说，即使这位化学家实际上不会以这种方式入手，他能够这样做，单是这一可能性就足以表明：有关铅的熔点的陈述是不是要被包括在“真定律”这个类中，这完全是一个规定或约定的问题。这个例子既不很古怪又不是特别用来适合一个论点的要求的。当发现一种物质除了密度不同之外具有铅的一切化学性质时，物理学家并不放弃铅在标准条件下具有一致不变的密度这一规律。相反，这种种“像铅”的物质被分类为铅的“同位素”，每个同位素都具有一个确定的不变的密度，这里一般来说，一个化学元素被说成有两个或多个同位素，如果其原子核可以有不同数目的中子。本质上通过重新定义“铅”这个词项的方法，就保留了这一定律。

只有到了我们已经考查由于采纳一个几何体系而导致的问题时，我们才开始一般性地考虑这个约定主义论点，这样可以在这个该论点首先被发展起来的特定情景中来讨论它。目前我们将结合运动公理来评价该论点。

i．就把运动看作只是一组形式公设而言（它们的非逻辑词项既不是经由对应规则来解释的，又不是经由对应规则与实验概念发生联系的），不能适当地把运动公理说成是非真即假的。这样一来运动公理只是一个抽象演算的各个部分，它们是按照这样的规则来加以处理的，这些规则只考虑既定的符号系统的纯粹句法特点。此外，即使给运动公理提供一个解释，这个解释是按照那些接着通过理想的限制性过程来定义的概念作出的；如果那样的话，这样被解释的公理就不是有关实验上可确定的物体之间的关系的断言了。不管是在哪一种情形中，运动公理

至此只是一个符合实验概念的框架。如果它们不能处置进一步的东西，那么它们是"约定"这一观点是完全可以接受的。

ii. 但甚至当给力学的理论词项提供合适的对应规则时，通过采纳运动公理，我们便采取了某一对物体运动进行分析的方式，而不考虑其他逻辑上可能的对运动进行研究的方法。譬如说，运动公理要求我们找到物体加速度而不是其速度的决定因素。然而，对观察到的物体运动进行分析的方式是多种多样的，对运动的直接观察并没有规定这样做的任何具体方式，为了表述运动的实验定律，必须采纳某个概念的处理方案。牛顿公理就构成了这样的方案，虽然其他的方案抽象地也是可能的，如同科学史指出的那样。其实，实际观察到的物体运动并不完全精确地遵从经典力学的实验定律；也可以表述其他逻辑上有别于牛顿假定的一般假定，在表征了公认定律的同样精确性的限度内这些假定是符合观察事实的。运动公理因此显然不是对实际观察到的东西的表述；无疑它们是在研究中充当对所观察到的东西进行解释的一般原则。因此，在否认运动公理是来自于观察事实的归纳概括，在把运动公理看作是对复杂的和不规则的运动进行分析的一个方案（其目的是要获得一个相对简单的关于物体运动的定律体系）时，约定主义论点是有其坚实的基础的。

iii. 不仅运动公理不是归纳概括；而且它们不能以论证的确定性被实验结果反驳。因为通过引入专门的（特设性的）假定，即使存在相反的证据，原则上总有可能把运动公理重新确认为有效的。在这点上运动公理也像指导原则。当它们提供的指南反复不能解决某类问题时，实际上可以放弃它们。但按照这个逻辑上没有瑕疵的理由，在面对这种失败时，也可以保留它们过去的失败并不意味着将来继续失败。

iv. 另一方面，虽然有种种表述力学理论的方式使得一个或多个牛顿公理实际上变成定义，但陈述这个理论，使得运动公理具有一个经验内容也是可能的。实际上，我们以后一种方式来分析运动公理，同时把解释它们的其他可能方式拒斥为不合法的。就第一运动公理而论，我们已经表明，与一个特定的物体相联系，当第一公理可以充当一个约定来定义等时性时，是否其他物体的运动遵从该公理，这是一个经验事实，而不是一个约定。关于第二公理我们已经指出，虽然直接地测量力，以致于在许多问题中只通过这条公理就能算出力的量值，一般来说是不可能的，但这个公理断言，对物体动量上的每个变化，都存在着一定类型的决定因素（或者力）。尽管这个断言不能由观察结论性地加以反驳，但按照对它的这个解释，这个公理不是一个定义。最后，关于第三公理，我们已经认为，虽然它能够用来定义物体的质量系数，但这样定义的系数是以这样一种方式相互联系的，这种方式反映了该公理所表述的物体运动的若干经验特征。

因此，不能不加以认真的限制就认可运动公理只是约定这一论点。的确，在科学理论的表达中必定有约定和定义。然而，可以有几种方式这样来表述力学理论，以至于不同的表述在逻辑上相互等价。每个表达方式可能都需要在标志着这个特定方式的各点上引入约定。因此，情况可能正好是这样的：在该理论的一个表达中用来陈述偶然事实的一个语句，在某个其他的表述中可以用来作为一个进行定义的约定。但是，只有当某个其他的语句——起先具有表示一个定义的作用——被授予了对一个定律进行陈述的那种经过改变的功能时，在一个语句的地位上的这种转变——从在一个使用情景中作为对定律的陈述到在另一个使用情景中作为对一个约定的整理——往往才能实现。

不管怎样,不诉诸其他的公理以及把它作为一个组成部分包括进来的那个理论得到表述的方式,要确定任何一个公理有(若有的话)什么样的经验内容,那是不可能的。正是被看作一个整体的理论假定系统确定了它们所含有的词项的意义,决定了该理论中的一个语句是具有一个约定的地位还只是具有关于事实题材的一个陈述的地位。总之,如果任何公理具有一个经验内容,那么这个公理不是孤立地具有这个经验内容,它具有这个经验内容只是由于它是整个理论的一个构成部分,而且只是在这个意义上才具有,即:当把合适的对应规则提供给该系统的公设或定理中提到的适量理论概念时,由该理论所衍推的各个一般化的陈述可以服从实验控制。

因此,显然不能对如下问题提供一个简明扼要的回答:牛顿运动公理的逻辑地位是什么?相当确定的是,牛顿运动公理不是对其不存在任何逻辑取舍的先验真理;同样清楚的是,在一个概括是通过把在观察情形中发现拥有的特征之间的相互关系外推到一切物体而得到的意义上,没有一个运动公理是归纳概括。但是除了运动公理的这些否定性的特征外,对这个问题的一个合理的令人满意的回答要求我们参考运动公理在力学理论的某个特定的表达和整理中所占据的地位,以及参考这些公理在各个特殊情形中所付诸的用处。也许能够相当普遍地断言的是:一方面,牛顿公理经常起着对物体运动进行分析的图式作用,或起着对某些实验概念进行定义的规定作用;另一方面,当这些公理与额外的假定(其中,关于力函数的假定)相结合时,可以正确地把它们解释为是具有一定经验内容的陈述。

第八章　空间和几何学

甚至只要随意地考察一下牛顿运动公理，表明在能够运用这些公理来分析物体运动之前，必须先规定某个空间参考系。第一公理断言，如果没有作用在一个物体上的力，该物体就会沿着一条直线以不变的速度继续运动。第二公理声称，一个物体的加速度（即它沿一条直线上的速度的变化或它偏离直线的运动）正比于它的作用力。然而，在这些陈述中，所谓"直线"应该如何理解呢？而一个物体的运动相对于什么参考系才被判定是直线的呢？现在必须来讨论这些在前一章提出但被推迟回答的问题。自从牛顿时代以来，这些问题一直受到批判性的考虑，在牛顿对它们的回答中产生的困难最终在本世纪导致了非牛顿力学的发展。但它们所包含的逻辑问题却与对一般的、而不仅仅是力学中的说明结构的研究有关。虽然我们将把力学公理作为我们讨论的起点，但最终我们将关注这些更一般的考虑。

一、牛顿的解决

究竟应该如何理解牛顿对运动公理的表述中的"直线"？对这个问题，牛顿及其同时代的人都没有理由产生怀疑，因为那时唯一知道的几何理论是欧几里德体系。如果一条线遵从欧几里德几何学中指定的条件，那么它就是一条直线，这被认为是理所当然的。让我们暂时假定欧氏几何学没有出现什么困难。在本

章以及下一章中，我们将转到这个问题中出现的问题。

但在物体运动要涉及的空间参考系上，并不存在一致意见，甚至在牛顿时代，在这个问题上就展开了充满活力的争论。乍一看来好像可以选择*任何*参考系，只有在处理问题时的方便性才应该支配这个选择。但对牛顿理论的一个更细致的考察表明这个想法是错误的。当然在实践中，确实使用着各种各样的参考系，而对方便性的考虑也确实支配着对参考系的选择。因此出于这一目的，在一些问题中便选择地球，在其他问题中便选择太阳，在另一些问题中便选择固定的恒星；在各种情形中，在由相应的问题所要求的准确性的限度内，通过使用牛顿公理对运动进行的分析可以比较符合实验结果。不过，从牛顿理论的观点来看，这种种实践的参考系并不是同样地令人满意的，其中没有一个是完全合适的。我们必须弄明白何以如此。

为了确定我们的想法，假设我们考察这样一个自由落体的运动，该物体从相对于地球静止的一个初始位置被释放，在赤道北极处的重力场中自由下落。如果我们假设地球是牛顿理论准许的一个参考系，那么按照牛顿理论，该物体将以加速度沿着指向地球质心的一条线下落。另一方面，如果把太阳取作描述这个物体运动的一个理论上可允许的参考系，那么理论轨迹就不再是一条直线而是一条更复杂的曲线。因为现在必须认为这个物体享有绕太阳的日转和年公转，不是沿着刚才描述的这条直线运动，该物体将沿着一般位于这条直线之东的一条曲线运动。进一步，如果接下来把一颗固定的恒星取作一个可允许的参考系，则该物体的理论轨迹又有所不同，而且更复杂。因为该物体不仅是绕一条轴自转又绕太阳旋转的一个物理系统的一部分，而且也是相对于某颗恒星被加速的太阳系的一部分。然而，恒星本身只是为了礼貌起见才被“固定”，这样该物体的理论轨迹

一般将随被采用为参考系的恒星(或恒星系)而变化。的确,在这些轨迹之间的差异是微不足道的,由于在许多实际问题中可以忽视这些差异,因此,在那些情形中选择哪一个可能的参考系无关宏旨。不过,在理论上,有时在实际上,为了研究运动而采纳哪一个参考系,这并不是一个无关紧要的事。因为一个物体经受的加速度的量值,因此,按照牛顿第二公理必须假定的作用在这个物体上的力,实际上取决于据以指定这个加速度的参考系。

让我们更明确些。如果把地球当作固定的参考系,那么要说明一个自由落体的运动而假定的力必定正比于该物体相对于地球的加速度。如果假设这个力只是地球的万有引力,那么该物体的轨迹就应该是指向地球质心的一条直线。但事实上该物体偏离这条路径,只要认为地球是"固定的",不引入特设的"偏转力"来说明这种状况,那么似乎就没有解释这种状况的现成方式。但如果把太阳当作参考系,情况就改变了。因为现在这个特定的偏离马上就可以按照地球旋转的加速度来加以说明。从这个例子要引出的一般结论如下:当采纳某一参考系时,如果形式相对简单的力被假设为加速度的决定因素,那么牛顿公理足以分析许多类型的物体的运动。另一方面,如果采取一个任意的参考系,则必须假设的力一般格外复杂,随着情况的不同而以不容易指定的方式变化,而且带有特设性假说的标记。因此,如果力不是以任意的方式引入的,如果是以一种始终如一的方式为各种各样的运动指定加速度的决定因素,而不是对不同的特殊问题都以不同的方式假设这些决定因素,那么,必须有一个物体运动参考的特许的或"绝对的"参考系。不管怎样,牛顿相信,他的力学体系的非凡成功也使几代物理学家相信他是对的。

可以用一种技术性更强的方式来表述刚才提出的这一点。

由于这个技术性的表述使用了一个在物理学理论的建设中扮演着关键角色的概念，因此值得纲要性地介绍一下这个表述。设物体的运动参考一个空间参考系 S，一个任意的质点离 S 决定的三个相互垂直的坐标轴的距离为 x、y 和 z。这样一来质量为 m 的一个质点运动的微分方程是 $m\frac{d^2x}{dt^2}=Fx$，对其他坐标有类似的方程，这里 F_x 是一个确定的力函数的一个分量。例如，如果质点 m 处于一个质点为 M、空间坐标为 x_1、y_1 和 z_1 的一个物体的引力场中，那么 $Fx=GmM(x-x_1)/r^3$，这里 r^2(两个物体之间的距离的平方)$=(x-x_1)^2+(y-y_1)^2+(z-z_1)^2$。现在设 S′是相对于 S 以任意方式运动的任何其他参考系；例如，它可以相对 S 旋转，或者以加速度运动。让 x′、y′、z′等等是参考 S′的诸物体的坐标。通过一般含有时间的变换方程，S 的坐标就与 S′的坐标发生联系。为了便于思想，设 S′相对于 S 正以不变的加速度运动，这样两个系统的坐标由下列方程联系起来：

$$x'=x+v_xt+\frac{a_xt^2}{2}$$

(对于其他两个坐标有类似的方程)，这里 v_x 是在时间 $t=0$ 时 S′相对于 S 的速度的 x－分量，a_x 是 S′的恒定的加速度的 x－分量。一个简单的演算表明参考 S′的这个物体的运动的微分方程有这一形式：

$$m\frac{d^2x'}{dt^2}=\frac{GmM(x'-x_1')}{r'^3}=m\frac{d^2x}{dt^2}+a_xm$$

因此很清楚，在 S′中作用在质点 m 上的力不同于在 S 中的这个力乘以一个正比于 S′相对于 S 的恒定加速度的量。简单地说，

运动方程在从一个参考系到另一个参考系的坐标变换下不是不变的。设 S 是一个参考系，在这个参考系中，第一公理为某个物体所满足，如果那个物体的运动是参考 S'，那么它就不满足第一公理。这样假设把一个物体比如说大角星从其他物体的影响中远远地移开，以致于当它的运动参考某一参考系(比如说以猎户星座定义的参考系)时，它是以恒定的速度沿一条直线运动。但如果大角星是参考固定于地球上的坐标轴，那么它的运动不再是直线的、均匀的，而是加速的；按照假设，当这样来选择参考系时，没有可以鉴定的力来说明它的运动。

正是这种考虑，包括在参考系的任意变换下运动方程的一般的非不变性，使牛顿确信运动必须参考一个他称之为“绝对空间”的特许参考系。“绝对空间”，在牛顿看来，“本质上总是相似的和静止的，不管外在事物如何”。因此绝对空间是感觉不到的，它不是物质客体或这种实体间的关系。它是一个难以名状的储藏所，一切物理过程都在其中发生，而要按照牛顿公理来理解的物理运动则必须参考它。另一方面，牛顿宣称：

> 相对空间是绝对空间的某个可变动的范围或尺度；它与物体的位置由我们的感觉确定，通常它被看作是不可变动的空间。……绝对运动是物体从一个绝对位置向另一个绝对位置的转移；相对运动则是从一个相对位置到另一个相对位置的转移。……但由于空间的各部分是看不到的，或它们之间不能为我们的感觉所区分，……因此我们使用的不是绝对位置和绝对运动，而是相对位置和相对运动；在日常事务中没有任何不便之处；但在哲学专题论文中，我们应该从我们的感觉之中进行抽象，考虑事物本身——它们与只是它们可感

觉到的那些方面不同。因为或许确实没有静止的物体，以便其他物体的位置和运动可以参考它。[1]

实际上，牛顿准备承认，在运动学方面，一切运动都是相对的，但他主张，当在动力学方面、并且按照决定这些运动的力来进行考虑时，运动必须以绝对空间作为参考系。

牛顿以目的论的论证和一般的哲学论证来支持他的绝对空间假定，但他也说明他所相信的是对其有利的那些无可争议的实验证据。他相当清楚地意识到，不可能通过任何实验来确定一个物体相对于绝对空间是处于静止还是以均匀速度运动。因为在相对于绝对空间具有一均匀速度（作为极限情形，静止）的一切参考系中，运动的微分方程是不变的（即它们的形式得到维护）。因此，要在实验上区分绝对的均匀速度和相对的均匀速度是不可能的。[2] 另一方面，牛顿认为，借助于力学实验，在绝对加速度和相对加速度之间进行区分是可能的，因而就有可能在实验中判定一个物体相对于绝对空间是否有一个加速运动。牛顿为其结论提供的证据包括现在众所周知的水桶实验。由于牛顿对这个实验的解释一直是随后的众多批评的焦点，我们将描述这个实验。

---

① 伊萨克·牛顿：《自然哲学的数学原理》，弗洛里安·卡约里编，伯克利，加利福尼亚，1947年，第1册。

② 这可以从业已述及的东西中直接推出。如果在上述讨论中，S是由绝对空间提供的参考系，S′是任何以均匀速度相对于S运动的参照系，那么从S到S′的变换方程是 $x' = x + v_x t + x_0$，这里 x_0 是两个系统在 $t = 0$ 时原点之间的距离的x轴分量，对其他的坐标有类似的方程。但在这些变换下运动的微分方程是不变的，这样要决定一个物体相对于S是静止还是匀速运动就是不可能的。在一切相互间以均匀速度运动的参照系中，运动的微分方程是不变的，这一事实一般被称为"牛顿相对性原理"。

把一个装满水的水桶悬挂在一根绳上，这样当挥绕这根绳时，它就变成了水桶的旋转轴。一开始，水和桶的边部处于相对静止，水的表面（近似）为一平面。然后旋转水桶。水开始并不立即旋转，这样桶相对于水暂时有一个加速运动。不过，在这期间水的表面仍然是一个平面。但最终水也获得了旋转运动，因而它最后相对于桶边静止。但现在水面在形状上是凹面，不再是平面。接着使水桶突然停止旋转，然而，此时水面并不立即就停止旋转，它相对于桶的边部还暂时有一个加速运动。不过，在这期间，水面在形状上继续呈凹面。最后，当水也停止旋转并且相对于桶静止时，其表面又变成一个平面。

因此，正如牛顿对这个实验分析的那样，水的表面可以是一个平面，不论相对于桶边，水是处于静止还是加速运动。类似的，水的表面在形状上可以呈抛物面，不论相对于桶它是处于静止还是加速运动。因面牛顿推断说，水面的形状是不依赖于它相对于桶的运动状态的。另一方面，他把抛物面形状看作是水面的正常形状的变形，因此是力作用于水的结果。但按照第二公理，这种力必然带有加速运动。由于水相对于桶的运动形态已经被作为不相干的东西面排除掉，这样牛顿推断说必须把相对于绝对空间的加速度看作作用于水上的导致形变的力的表现。牛顿的论证本质上是这样的：表面的变形是作用力的证据；作用力产生加速度；但表面的变形不依赖于物体的相对加速度；因此这里所说的加速度必定是绝对加速度。由于有可能通过力学实验来证实物体是否经受变形，因而有可能在实验上区分绝对加速度和相对加速度，从而在实验上辨别相对于绝对空间面被加速的运动。

现在关于一个假定有一些格外令人迷惑不解的东西，按照这一假定，要通过力学手段发现一个物体相对于一个参考系是

处于静止还是匀速运动，原则上是不可能的，虽然据说可以确定该物体相对于那个参考系是不是有一个加速运动。因为如果一个物体相对于一个既定的参考系有一个加速度，那么就能推出该物体必定也有一个相对速度。如果在实验上鉴定前者是可能的，那么似乎很神秘的是为什么就不可能鉴定后者呢？一个关于世界的假定，得出了一个固有地不能为实验证实的推理，这在许多人看来是极其不能令人满意的、矛盾的。因而一些作者断定绝对空间的概念在物理上是“无意义的”。不管怎样，牛顿对运动的参考系问题的解决一般被认为是其力学体系中的某种类似于阿基利斯的脚后跟的东西。虽然这个体系被接受长达两个世纪之久，但它被接受主要是因为还没有得到一个更令人满意的解决。

但让我们审查牛顿对水桶实验的解释。牛顿的论证被马赫严厉批评，马赫证明这个论证包含一个严重不合理的推论。牛顿很正确地指出水面形状的变化并不是与相对于水桶边部的水的旋转相联系的。但他断定因此必须把水面的变形归咎于一个相对于绝对空间的旋转。然而，这个结论并不是从实验资料和牛顿的其他假定推出的，因为实际上有两种二者择一的方式解释这些资料：水面形状的变化或者是相对于绝对空间的旋转的结果，或者是相对于与该水桶不同的某个物体系统的旋转的结果。牛顿采纳了第一种抉择，其根据是这一假定：惯性（即一个物体沿一条“直线”继续均匀地运动的倾向）是物体的一个固有性质，即使物理宇宙的其余部分消失了，物体仍会继续具有这种性质。

马赫则注意到了第二种抉择。他论证说，实质上惯性的性质有赖于物体在宇宙中的实际分布，因此，如果假定宇宙的其余部分消失了，那么就没有什么东西能够有意义地断言是物体运

动的属性。因而他认为，为了说明水面的变形而援引一个相对于绝对空间的旋转完全是毫无根据的，相反，只需把由一颗确定恒星定义的坐标系取作这个旋转的参考系就足够了。因此，如果采纳马赫的这个一般方法，如果可以按照它来构造一个合适的力学理论，就没有必要假设在绝对速度和绝对加速度之间的这种令人迷惑的不对称性，虽然它在牛顿理论中占据如此中心的地位。按照马赫的探讨，在各种参考系之间仍然有根本的区别。因此，当物体的运动是参考其中的一些参考系时，牛顿公理是有效的，但对其他的参考系则无效。因此甚至于按照马赫的观点，也可以有一类“特许的”参考系，这样，当相对于其他参考系，运动只是“相对的”时，相对于这类参考系，运动可以被称为“绝对的”。但在这种意义上的绝对速度与绝对加速度一样原则上是可检验的。[①]

还有另一种分析水桶实验的方式，这种方式有助于更清楚地阐明什么是成问题的东西，对于理论的逻辑地位也另加阐明。假设我们采取一个参考系 S，它以这样一种方式相对于地球旋转，以致于其旋转轴平行于水桶的旋转轴，其恒角速度等于水桶的最大角速度。以下是在实验中观察到的资料：一开始，水相对于 S 有一加速运动，其表面是平面。但最终，水不再具有这一加速度，其表面也变为抛物面。此外，在水桶已相对于地球突然停止转动后，水最终相对于水桶静止，但相对于 S 水又被加速，且它又具有一个平的表面。这样只有当水相对于 S 静止时其表面才是抛物面，相对于 S 被加速时其表面才是平面。因而水的表

---

① 参见恩斯特·马赫：《力学科学》，伊利诺斯，1942 年，第 2 章，第 4 节，第 271—298 页。一般把这类特许的参考系称为“惯性系”或“伽利略”参考系。众所周知，马赫对牛顿的批评深深影响了爱因斯坦，并为其广义相对论铺设了道路。

面特征不依赖于它相对于水桶的运动状态，但依赖于它相对于S的运动状态。据此分析，一个平面是与加速运动相联系的(相对于S)，而一个凹面是与静止状态相联系的(相对于S)。[①]

就此而论，为什么不假设水的“正常”表面是抛物面，“变形”的面恰恰是水的“异常”的平面呢？对这个问题的回答是：若采纳了这一假定，则我们也就不得不以一种严肃的方式把牛顿运动方程复杂化。如果一般把S选为一切运动的参考系，那么S相对于任何要分析的特定系统的角速度就会进入关于该系统的定律之中。由于不同的系统相对于S一般具有不同的角速度，因而没有任何简单的公式会包含这种种专门定律。运动的微分方程保持不变的领域实际上是格外有限的。按照牛顿对一个参考系的建议，或按照马赫对该建议的取舍，运动方程对一切所谓的“伽利略系”是不变的。这就是说，当运动被参考到某个特定的参考系时，如果运动方程得到满足，那么它们在相对于那个参考系具有一恒定速度的一切参考系中也将得到满足。另一方面，如果当运动被参考到S时方程得到满足，那么只是在相对于S静止的参考系中它们也才将得到满足。总之，若以S作为一切运动的参考系，则为了按照牛顿公理来分析运动而必须提供的专门的力函数对每一个特殊的问题都会不同，而且对每个情形将不得不特设性地构造出来。

不过或许要问：当水面是平面时，水处于变形状态，这个推测是合理的吗？变形只有当力正在作用时才不会产生吗？抛物面是这种力的结果，因而是水相对于某个参考系旋转的结果，而

---

① 对于分析这一实验的方法，参见彼特·P·伯格曼：《相对论导论》，纽约，1942年，第xiv页。一个类似的、但被采用来作为支持地球绝对运动的论证的分析，参见J·C·麦克斯韦：《物质和运动》，第84—86页。

不是它相对于S的静止状态的结果，这难道不是一个实验事实吗？傅科摆的平面的旋转和陀螺仪的轴的旋转，或者一个自由落体偏离指向地心的直线路径，这难道没有提供地球必定在旋转的实验证据吗？因此，如前一段所暗示的人们可能会认为的那样，假设水桶中的水和地球本身被"绝对地加速"，只是因为当作出这些假定时运动方程才得到一个简单的不变的形式，这难道不是很不合理的吗？

这些诘问把我们带到目前讨论的核心。必须牢记的一个根本之点是：即使声称水桶中的水在其表面是凹面时有一个"绝对加速度"，也不必像牛顿那样假设这种旋转（或地球的旋转）是相对于绝对空间产生的。马赫对牛顿的批判在这点上是结论性的。可以认为这个参考系——相对于它，绝对加速度据说是产生了——是由确定的恒星系统或某个其他的物体系统定义的，实际情况正是这样。例如，傅科摆平面的旋转并没有证实地球相对于绝对空间的旋转，只是证实了它相对于固定恒星的旋转。如果这些恒星被永远环绕着地球表面的云所掩蔽，以致它们的存在不能为我们察觉，那么傅科实验不过是表明地球正相对于这个摆的平面旋转。

不过，当物体的运动是参考由自然界的物体提供的坐标系时，运动并不完全精确地遵从运动公理，这是可能的（实际上，情况正好是这样）。换句话说，有可能没有任何坐标系是伽利略系或"惯性系"。如果我们决定把牛顿公理维护在不经修改的形式上，那么我们可以引入一个"理想参考系"，相对于这种参考系，物体的运动严格地符合牛顿公理，但物理参考系至多只是较好地近似这种参考系。采纳这种方法的理论根据是：除非我们采纳惯性系来按照牛顿公理分析物体运动，否则运动的实验定律无疑就会比若是采用惯性系的话更复杂，更难处理。因此，利用

惯性系的基本目的是在实验定律的基础上实现一种简化，不管这些惯性系实际上是在物理系统上实现的还是只是理想构造。所幸实际上存在着这样的物理系统，它们至少是惯性系的近似实现。情况要不是这样，力学科学就绝不会得到发展了。

但是，没有任何这样的观点能被有效地解释为意味着：对于参考惯性系的运动确立起来定律，以及对于那些不引入惯性系而可能确立起来的不太简单和非不变的定律来说，前者比后者更“真实”或更“客观”。相反，可以表明，如果可以确认当一个物体系统的运动是参考一个惯性系时，它们具有一组关系，那么甚至当它们的运动被参考到非惯性系时，这些物体之间也必定存在着一定关系，即使后一种关系的表述比前一种关系的表述实现起来更复杂和更困难。

比如，在解析几何中用所谓的“参数方程”来表达曲线往往很方便，在参数方程中，曲线上的点的坐标被表示为某个辅助变量的函数。使用参数方程来分析曲线的性质，有时可能比用以坐标之间的直接关系表达的方程来分析曲线的性质省事。不过，认为参数方程比把坐标直接联系起来的方程“更正确”或“更真实”，或者认为后者比前者“更客观”（或也有可能，“更不客观”），则是荒谬的。这样，一条其参数方程按照辅助变量 t 来表示是 $x = t^2 - 2t$，$y = t^4 + t^2 - 2t$ 的平面曲线，也可以用普通方程表达为 $(y - x^2 - 9x - 8)^2 = (x + 1)(4x + 8)^2$。在许多问题中，参数方程比普通方程容易处理得多，虽然这两种表达方式有同样的几何内容。类似地，处于太阳引力场中的一颗行星的运动的微分方程，当该行星的运动是参考作为坐标系的固定恒星时，采取含有太阳和行星之间的距离的平方的倒数这种熟悉的形式。但这是如下事实的一个数学推理，即，其运动比如说可以以地球作为参考系，这样当以这种方式来研究这一运动时，原则上就可以阐

述行星运动的微分方程。这些微分方程一般来说极其复杂，但它们仍同原先的方程一样客观地、完整地表述了行星的运动。

引入惯性系作为分析物体运动的基础，这需要极富创造性的想象，因为直接观察到的物体的运动并没有显示出明显需要使用这种参考系的变化模式。因而惯性的概念并不是从感觉经验的明显特性"抽象出来"的产物，这不像圆周的概念被认为是这样的产物一样。另一方面，惯性的概念已如此完满地成为我们的知识遗产和智慧特征的一部分，结果，难以设想一种可供取舍的方式来解释运动的"观测事实"，除非我们煞费苦心地这样做。而且，在牛顿力学中，惯性系的思想总是与运动方程在惯性系之间变换的不变性相联系的。但往往暗中把不变的东西与"客观真实"的东西混为一谈，与永久的、不受时空限制的东西混为一谈，与普遍的东西混为一谈。[1] 因此，当以惯性系作为运动的参考系时，运动方程的不变性便赋予惯性系以这样一种重要特性，这种重要性高于在能够按照一组相对简单的力函数来分析力学现象时它们所具有的重要性。如下观点至少是合理的：当水面是平面时，说水桶实验中的水"变形"了，这种说法所造成的一种理智上的不自在，部分是出于不愿意采纳对运动方程的不变性范围(因而"客观性")约束过重的参考系的缘故。

最后，值得提醒的是，一般来说无法独立于加速度来测量由牛顿第二公理假设为加速度的决定因素的力。正如在前一章指出的，牛顿力学中所采用的力函数主要是假设性地假定的，它们只是由如下一般要求明确表征的，即力函数的量值应正比于物体动量的变化，其方向与动量变化的方向一致。因此，某个物理

---

① 例如，参见斯宾诺莎《伦理学》第 2 部分，命题 38："只有为一切事物所共同具有，且同等存在于部分及全体内的东西才可正确地被认识"(中译本，第 76 页)。

系统正在经历加速运动，这个事实往往是导致对力进行探究和对力函数进行构造的刺激因素。如果我们声称通过独立的实验手段，我们总能确定什么力正作用在一个物体上，因而我们总能决定该物体是在加速还是在经受变形，那么这不过是把马车套在马的前面（意即颠倒顺序）。但情况往往一定是相反的。如果在我们有理由相信一个力正作用在一个物体之前，我们首先必须在该物体是受到加速还是受到变形上取得一致，那么至少在这种情形中我们首先必须对物体的运动及测量运动的几何系统采取一个参考系。因此牛顿在把逻辑优先性赋予一个参考系的选择上是完全恰当的，只有相对于这个参考系才能按照他的公理来分析运动，不管他对绝对空间的论证有多少缺陷。

现在我们已经比较详细地指出为什么采纳一个空间参考系的问题是一个重要问题，我们也讨论了牛顿解决这一问题的理论根据。下一步我们必须转到一些并非不太重要的问题，这些问题在我们考虑把几何学用作空间测量系统便出现了。

二、纯粹几何和应用几何

如果我们想决定一个房间的长度或一个尺度适中的屋子的高度，通常的办法是把一根测量杆（如码尺或钢卷尺）靠在待测物体上，这样来确定要测量的距离所包含的单位长度的倍数。这种通常方法显然假设测量杆已经按照某些规则校准，假设当杆在测量过程中被屡次移动时，它不以任何相关的方式受到影响，假设杆的边缘是直的。这些假设引起了一些困难问题，对此我们可以暂时不予考虑。但显然这种测量距离的方式不总是适宜的，以这种方式我们往往无法估计宽阔河流的宽度，也无法估计两座山之间的距离。我们一定无法用这种方法来测量恒星之

间的距离，测量原子和其他亚微观对象的大小。

在许多实际问题中，在大多数科学问题中，空间量的测量是不能由这种“直接”方法来实现的。一般来说，空间测量只能间接进行，其中需要运用几何学。比如说，如果我们要决定在两座相距 80 英尺的建筑物的栋梁之间所拉的一条导线的长度，已知建筑物的高度分别为 30 英尺和 50 英尺，那么我们很可能会借助于毕达哥拉斯定理来计算这一长度。因为需要的这条导线的长度是一个直角三角形的斜边，它的其他两条边是 20 英尺和 80 英尺，这样其长度便为 80^2+20^2 的平方根即 $20\sqrt{7}$英尺，近似为 83 英尺。

但在这个例子中我们根据什么使用毕达哥拉斯定理呢？明显的回答是：这个定理是欧氏几何公理的一个逻辑推理，这样，如果这些公理被接受，那么该定理就完全得到保证。但这个回答并没有完全解决问题。因为对欧氏几何公理也可以提出一个恰好相似的问题。如果对欧氏几何公理，这个问题能够得到令人满意的回答，而又没有任何定理面临这样的问题，那么欧氏几何的公理性表述和演绎性的发展便具有重大优点。不过，必须认真地正视这个问题。接受欧氏几何的根据何在？在讨论这种根据时我们必须考察一些问题，这些问题不仅直接影响着几何学的地位，而且一般地影响着理论的逻辑地位。

1. 让我们简要地回顾一下在该问题上业已持有的一些看法。众所周知，几何学起源于古埃及人丈量土地的实际技艺。古埃及人发现了一些有用的公式，这些公式使他们的测量人员能够确定田地的一定界限，计算其面积。他们的公式不过是一些互不相干的拇指规则的集成，这些公式是由逻辑蕴含关系联系起来的，这一发现显然是古希腊人的成就。埃及人的公式被

分析，一些几何图形按照另一些几何图形被定义，物体的限定表面和边缘之间的额外关系被确立。此外，经过几个世纪的努力，已表明少量关于数量(一般地)和关于几何图形(特殊地)的命题是不加证明地接受的，无数的其他命题(包括那些先前确立起来的命题)可以从它们之中推导出来。欧几里德的《原理》因而是对测量技艺——它在史前很久一段时间已在实践上扎下了根——的理论整理，几个世纪以来欧几里德几何学被接受为逻辑严格性的模型，被接受为一个理论科学的理想形式。[①]

甚至在近代科学完全出现之前，几何学就已经被采用来不仅作为测量的基础，而且作为天文学、建筑学、仪器制造、一些工程以及纯艺术的基础。因而牛顿可以把几何学视为一门普遍的力学的分支。如他所说，

> 描绘直线和圆周是问题，但不是几何问题。这些问题的解决需要力学；当这样来解决问题时，这些问题的用途由几何学来表明；从少量的原理——那些从外部得来的原理，就能产生如此之多的东西，这正是几何学的荣光。几何学因而植根于力学实践之中，它不过是精确地提出测量技艺的普遍力学的那一部分。但由于手工技艺在物体的搬动中尤为常见，这样，逐渐地就过渡到几何学一般涉及物体的量值，力学则涉及物体的运动。[②]

---

① 现在众所周知，欧氏的《原理》并不遵循现代的逻辑严格性标准，因为他的许多定理实际上不能从其公理中推导出来，而必须添加另外的公理。

② 牛顿，同前引。在这段引文之上的一段话里，牛顿断言“几何学并不教我们画〔作为力学之基础的直线和圆〕，而是要求它们被画；因为它要求学习者在他们着手于几何学之前，首先应该学会精确地描绘这些图形。”

因此，按照这种观点，几何学公理是关于自然物体的某些特征的真陈述，这些特征被认为是可以按照一定的物理方法指定的。因而几何学成为一门假设一演绎学科，它断言，如果某些图形是直线、圆等等，那么它们必定具有在种种定理中得到阐明的性质。

然而，两个相关的问题现在必须予以注意，牛顿并没有明确地对这两个问题说些什么。用来指定(若有必要的话，则构造)那些构成几何学的确认题材的直线、面、圆周以及其他几何图形的程序是什么？不管怎样，我们凭什么理由声称几何学的公理和定理对于如此鉴定出来的图形是真的呢？牛顿不过是把第一个问题归诸于“实践力学”，而根本没有考虑第二个问题。但哪一个问题都不是那么简单地就能回答的，每一个都陷入了似乎是难以逾越的困难之中。

一旦我们具有一条直边，就很容易构造直线；如果我们使用一个其两个支点保持一定距离的圆规，也很容易画一个圆。但我们如何确立一条直边的“直的性质”或圆规的两个点之间的距离的不变性呢？我们又根据什么证据声称我们知道欧几里德几何学所含有的、关于直线和圆的假定对于以这种方式得到的图形也适用呢？这不是简单地说“在这些图形上进行测量，看看它们是否遵循欧氏几何的要求”就了事了。因为为了进行测量，我们必须具有这样的仪器，它们具有直边，具有在其各部分之间的恒定距离。这样我们似乎被置于一种无助的无穷后退的境地。通过直接查看一条边以决定它是否是直的这也不能令人满意，尽管人们可以采纳木匠在刨平一块木头时沿着木块审视它是否平直这种比较精致的方法。直接检验只有在所考虑的直线段和表面较小时才适用；但通过这个方法得到的结论并非对不同的

观察者或处于不同时期的同一观察者都是始终如一的；这个方法甚至也卷入到业已注意到的这种同样的退却之中。因为，当通过直接检验判定一条边是直的时，作出这一判断所采用的标准是什么呢？如果这个标准是直性(straightness)的某个映像，那么对这个映像似乎又出现了最初的问题。另一方面，如果说一条边是根据看待它的视线而为直，那么，难道这个判断不是依赖于光线是直的这个不言而喻的假定吗？这样一种无穷后退似乎不可避免。实际上，正如我们将看到的，只有我们有了如下认识时才能避免这种无穷后退的产生，这就是：产生这种无穷后退的问题是含糊的，它们混淆了有关经验事实题材的问题和有关定义题材的问题。

不管怎样，牛顿把几何学作为力学这门经验科学的一个分支，这种想法全然不是已对这门学科所采取的唯一观点。在古希腊时代，大多数公理被视为自明的必然真理，平行公设缺乏这种"明显性"，这是数个世纪以来试图从自明的前提中来论证它的主要动力。莱布尼兹——牛顿的同时代人——明确主张这一柏拉图式的学说：如同算术真理一样，"几何真理"是勿需诉诸感性经验而能被获准为必然的。在莱布尼兹看来，几何真理是"天赋的，实质上已在我们之中，这样，如果我们注意考虑和整理已经在我们的心灵之中的东西，勿需利用通过经验或通过另一种传统学习到的任何真理，我们就能发现几何公理就在心灵之中"。[1] 不过，由于一些难料的例外，古代人认为几何学处理物体的空间性质，而柏拉图及其追随者也认为那些性质不过是几何探究的永恒对象的不完美的实现。几何学是关于空间(或"纯

---

① G·W·莱布尼兹：《人类理智新论》(A·C·兰利翻译)，芝加哥，1916年，第78页。

粹广延")结构,而不是关于物体的空间性质的科学,这一观点是在什么时候首次提出的,这是一个尚未解决的历史问题。但在牛顿时代之前,这个观点已有所影响。在18世纪,这个观点从欧拉那儿得到了一个坦率的陈述,他宣称:

> 广延是几何学的专门对象,它研究物体,只是就这些物体是被延展的、从不可透入性和惯性中抽象出来的而论;因此,几何学的对象是一个比物体的概念要广泛得多的概念,如所理解的那样,其对象不仅是物体,而且是只被扩展的、没有不可透入性的一切东西,如果这些东西存在的话。由此推知,在几何学中从广延的概念推演出的一切性质,就物体是被延展的而论,也同样产生在物体中。[1]

当康德试图在莱布尼兹的先验论的理性主义和休谟的感性论的经验主义之间寻找一条中间出路时,他以不同的方式给出了几何学作为一门关于空间结构的先验科学的概念。虽然对康德学说的许多细节的解释尚有怀疑之处,但这个学说的一般含义是:欧氏几何学表述我们外在直观的形式结构。因此,欧几里德公理及其推理是关于一切可能经验的空间形式的显明真理。康德关于几何学本质的观点不仅对于职业哲学家,而且对于数学家和物理学家都有深远的影响。虽然19世纪重要的哲学思潮拒斥了康德的概念,极力为几何学的经验解释作论证,但康德的影响是直到随后在逻辑学、数学和物理学上的发展使其观点逐渐变得站不住脚时才衰微的。因为几何学作为关于空间的一

---

① L·欧拉:《致一位德国王妃的信》(由布鲁斯特翻译),第2卷,第31页。

个先验知识体系的观点，具有其对手所没有的无法比拟的优点，它似乎解释了它的对手无法解释的东西，即为什么欧几里德几何学是唯一已知的几何体系，为什么力学(在那时还是最完美发达的理论物理学分支)这样无法摆脱地倚重于这个体系。

2．不管怎样，在转到这些晚近的发展以及它们对几何学哲学的结果之前，我们必须弄清楚一个区分，这个区分已被简要提及，在随后的论述中意义重大。在几何学中，如同在每一个演绎论证和每一个演绎地表述的学科中一样，必须明确区分两个问题。第一个问题是：几何学体系的确认定理是从其公理逻辑地推出的吗？回答这一问题，发现公理所蕴涵的新定理是数学家首先要关注的份内之事。解决这一问题勿需采取任何实验室实验或其他的经验研究；唯一需要的装备是逻辑论证技术。第二个问题是：任何公理或定理实际上或实质上是真的吗？这个问题就不是数学家的份内之事了；对第一个问题的回答的寻求可以不考虑可能给予第二个问题的任何答案。而第二个问题的答案一般只能由物理学家或其他经验科学家提供，如果几何学的公理和定理涉及到可以鉴定的经验题材的话。这个限制性条件至关重要，我们必须予以略微详细的讨论。

一个三段论论证的有效性不依赖于出现在其前提和结论中的词项的专门意义，这自亚里士多德以来已经成为常识。因此，如果一个三段论论证是有效的，那么当原来的词项被其他的词项取代时，它仍然有效。因此在评价一个三段论的有效性时，允许可以不管专门的题材词项的意义，而只考虑组成它的陈述的形式结构。对形式结构进行考虑的最简单有效的方式是以变量取代专门的题材词项。这样结果得到的表达式就只包含这种指代逻辑关系或运算的语词或符号。因此，在“凡是人皆会死”这一陈述中进行置换时，得到的表达式是“一切 A 都是 B”，这里

“一切”和“是”保持其惯常意义，但没有专门的意义与变量“A”和“B”相联系。[①] 然而，表达式“一切 A 都是 B”显然不再是一个能够有意义地寻问其真假的陈述。这个表达式只是一个陈述的形式，只有当以具有确定意义的语词来代替变量时它才变成一个陈述。我们将把这种表达式称做“陈述形式”。出于目前的目的，可以把一个陈述形式定义为包含一个或多个变量的表达式，这样，如果以题材词项代替变量，所得到的表达式就是一个陈述，也就是，一个可以有意义地对其提出真假问题的表达式。因此，为了评价一个三段论的有效性，考虑其前提和结论是实例的陈述形式就够了。因而很清楚，当我们关心一个三段论的结论是不是逻辑地从前提推出的这一问题时，问这些陈述是真是假，这是不相干的。

刚才对三段论说的这一切明显地适用于任何演绎陈述。尤其是在讨论作为一门论证性学科的欧几里德几何学时，我们可以不考虑该体系的公理和定理中专门的几何词项的意义，而用变量取代那些词项，并通过只注意结果得到的陈述形式之间的逻辑关系来实施证明定理的任务。虽然这一点是根本的，但看来古代的数学家和哲学家并没有认识到这一点，尽管就三段论论证来说他们很熟悉这一点。但不管怎样，区分两种几何学具有极其重要的意义：一方面，几何学作为一门其唯一的任务是发现由公理或公设逻辑上蕴涵的东西的学科；另一方面，几何学作为一门试图对一个专门的经验题材进行实质上为真的断言的学科。在前一种情形中，数学家探究陈述之间的逻辑关系，只是就

① 继续进一步从意义中进行抽象的过程，并用那些受规定的运算规则支配的符号来取代“一切”、“是”这样的逻辑虚词，这实际上是可能的。但追究这种可能性并不适合于目前的讨论，虽然新近的逻辑研究的一些杰出成就便是发展这个建议的一个结果。

这些陈述是陈述形式的实例而言，这样专门的题材词项的意义原则上是不相干的。在后一种情形中，出现在公理和定理中的非逻辑词项必须与某个题材中的确定的元素联系起来，这样就可以合适地分析属于该系统的种种陈述的真假。在第一种意义上，几何学只是作为一个演绎系统来研究，这时往往称之为“纯粹几何学”；在第二种意义上，几何学是作为一个事实真理的系统来研究，这时一般称之为“应用几何学”。

让我们通过考虑对欧氏几何的一种满足现代逻辑严格性标准的表述，来阐明这一讨论的要点。这种逻辑严格性标准的一个例子就是奥斯瓦尔德·维布伦的公理化。[①] 维布伦采取了一个被称为“点”的对象类，一个被称为“位于……之间”的点之间的三元关系，以及一个被称为“迭合”的在成对的点之间的二元关系。然后他以16个假定或公理的形式，向这些点和关系施加了一些经过仔细表述的条件。他也以一些初始的（或基本的）题材表达式来定义其他一些表达式，如“线”、“面”、“角”和“圆周”，在这个定义过程中采用了属于一般逻辑的思想（如集合或类的思想）。这些经过定义的表达式主要是为了方便起见而引入的，因此为了有利于基本词项也可以把它们排除掉。在以下论述中这些经过定义的表达式就可以不予考虑。现在让我们把这16个公理结合起来，使之成为一个单一但异常复杂的陈述中的成分。这些公理可以由缩写A（点，在……之间，迭合）来表达。另一方面，让我们来表达任何这样的陈述，它们可以按照该系统中的基本表达式而以T（点，在……之间，迭合）来表述，虽然一般来说在每个这样的陈述中不一定都出现基本词项。这样，论证性几

① 参阅他的论文“几何学基础”，载《现代力学专论》，J·W·A·扬编辑，纽约，1911年。

何学或纯粹几何学的目的可以说是找到陈述“T”,以使“T(点,在……之间,迭合)”是“A(点,在……之间,迭合)”的逻辑推理。

然而,“T”能否从“A”中演绎出来,这并不取决于与表达式“点”、“在……之间”、“迭合”相联系的任何特殊意义。因此可以用变量来取代这些词项,而对于变量来说,就勿需有任何类型的意义与之相联系。这样在维布伦的公理化中,纯粹几何的联合公设原则上可以被规定为陈述形式“A(R_1、R_3、R_2)”,这里“R_1”是谓词变量(即一目关系变量),“R_3”是三目关系变量、“R_2”是二目关系变量。这样一来纯粹几何学的任务就是确定哪个陈述形式“T(R_1、R_3、R_2)”是陈述形式“A(R_1、R_3、R_2)”的逻辑推理。

另一方面,纯粹几何学家和物理学家都无法分析陈述形式“A”和“T”的真假,理由在于:由于它们不是陈述,因此问它们是真是假甚至毫无意义。而且(这也是目前讨论的要点),要探究维布伦公理的真假同样是不可能的,即使它们是以熟悉的表达式“点”、“在……之间”和“迭合”而不是以变量来表述的,除非把这些表达式与那些经验上可鉴定的明确的物理对象或这些对象之间的关系联系起来。实际上,数学家们经常使用那些熟悉的表达式,但又没有把任何涉及到经验题材的特殊意义赋予它们。这样,虽然维布伦在他对几何公理的表述中采用了那些表达式,但他特意指出读者可能会把它们与他所喜欢的“任何意义”或“任何意象”联系起来,只要这些意义和意象与这些表达式运用这些公理的条件相一致。几何学的公理是否事实上为真,就对这个问题的回答来说,在第 219 页提到的附加条件的要点是这样的:对于出现在公理和定理中的非逻辑词项,只有当提供了把那些词项与某个题材中的经验上可鉴定的要素联系起来的对应规则或协调定义时,才能分析几何公理和定理的实质性的真或假。

3. 按照纯粹几何学和应用几何学的区分，让我们现在来重新思考前面提到的、关于几何学的逻辑地位的一些观点。

a. 几何命题是先验的、逻辑上必然的真理，这个主张是含糊的，它至少可以在三个意义上加以解释。可以把它理解为意味着：(1)纯几何的陈述是先验的和逻辑上必然的，这里一个纯几何陈述具有这种形式：如果 A(R_1、R_3、R_2)，那么 T(R_1、R_3、R_2)；或(2)纯几何的每个公设和定理具有这个特性；或最终(3)应用几何的陈述——不管是公理还是定理——是先验的和逻辑上必然的。

按照第一种解释，这个主张明显是对的。但它也是琐碎的，因为每当一个结论可以论证性地从一个前提推出时，一个其前件就是前提、其后件就是结论的条件陈述总是一个逻辑上必然的真理。另一方面，当在第二种意义上来理解这个主张时，它是荒谬的。因为如果把纯几何的公设和定理看作陈述形式，那么就不能认为它们非真即假，不用说，也不能认为它们是必然真的或必然假的。

剩下来值得考虑的便是这个主张的第三种解释方式。这样一来这个问题本身便归结为如下问题：维布伦公设是对基本词项的每一个解释都是必然真理，还只是对一些解释才是必然真理，如果是后者，那么这种解释的特征是什么呢？如果我们先比较一下两种不同的陈述形式，那么这个问题的要点就更清楚了，这两种不同的陈述形式是："如果没有任何 S 是 P，那么没有任何 P 是 S"和"没有任何 S 是 P"。显然，在第一个陈述形式中，不管变量"S"和"P"被什么题材所取代，结果得到的陈述总是一个逻辑必然真理，如陈述"如果没有任何三角形是等边图形，那么没有任何等边图形是三角形"，即使这个条件陈述的前提恰好是

假的。另一方面，对于第二种陈述形式，只是以某些题材词项来代替变量时，才得出一个必然真理，其他的代换就未必是这样了，如“任何其顶点是由三颗固定恒星构成的三角形是一个其面积不少于两平方英里的图形”就不是一个必然真理。类似地，对维布伦公设(或对任何其他的欧氏几何的公设)的考查表明，没有任何这样的公设在基本词项的每一个解释下都表述一个必然真理。例如，维布伦第二公理假定：对任何三个点 x、y、z，如果 y 位于 x 和 z 之间，那么 z 不位于 x 和 y 之间。现在如果我们以词项“数”代替词项“点”，以关系表达式“y 大于 x 和 z 之差”代替关系表达式“y 位于 x 和 z 之间”，那么我们得到陈述“对任意三个数 x、y 和 z，如果 y 大于 x 和 z 之差，那么 z 不大于 x 和 y 之差”，这个陈述显然是假的(例如，虽然 4 大于 7 和 5 之差，但 5 仍然大于 7 和 4 之差)，因此不是一个必然真理。它们只是在对基本词项的一定解释下才是必然真理，对其他的解释则不然。

因此，让我们考查对几何学公理提出的一些解释，先考查一个在欧几里德的《原理》中涉及到的解释。欧几里德以大量的“定义”作为其系统的形式发展的开端。其中一些是根据那些明显地作为该系统的基本词项的东西作出的词项的定义，如“三角形”和“圆周”的定义；另一些定义是对这些基元的阐明。但实际上它们是对基元提出的解释，其目的大概是向我们提供有关基元所指谓的对象或关系的情况。例如，说一个点“没有任何部分”，声称一条线是“没有宽度的长度”，把一条直线解释为“点平滑地分布于其上的一条线”。这些阐释无疑以一种模糊的方式暗示了种种词项得以应用的事物。不过，它们难得比较明确地允许我们鉴定相应的词项指谓的是什么事物。例如，“没有部分”是指什么呢？它不可能是指通常的物体，虽然这种物体可能是具有明确边缘的固体的一个角，乃至是体验到的一个短暂的

痛苦。此外，即使我们假定我们知道什么东西才算是"无宽度的长度"，那什么时候这样一个事物是点平滑地分布于其上的呢？因此，要追问按照欧几里德本人对其公理的解释，这些公理是否为真，这似乎是徒劳无益的。

然而，可能会有人反驳说，由于我们很了解所谓"点"和"直线"是什么意思，因而这一切试图不过是在钻无用的牛角尖。可以这么说，点和线当然不是实物；但它们是物体的极限，是能够在想象中加以设想和接受的东西。而且，我们可以在想象中对点、线和其他几何体进行实验；当我们这样做时，我们发现，除了根据欧几里德公理外，我们无法形成我们的意象。例如，有人坚称"两条直线不可能在不止一个点上相交"这一陈述是不能由感觉观察确立起来的，只有通过训练我们的想象才能确立起来。一位作者提出了如下的论证：

> 因为首先只有通过意象我们才能表达从某一点开始、沿一个方向无限延伸的线；其次，我们无法在感知中表达一条旋转的直线相对于一既定直线而产生的无数不同的倾向或角度。然而，我们可以通过一个迅速的视觉运动行为表达一条从任何一个它要回归的方向旋转360°的线。在这个想象的表象中，覆盖一个无限数目的值的这整个的变化范围，由于刻划了这一运动之特征的这种连续性，因而可以完全被视觉化。只有当这样一个过程可能时，我们才能说这个公理就其普遍性而言向我们呈现了一个自明的真理。[1]

① W·E·约翰逊《逻辑学》，伦敦，1922年，第202页。

必须对这个一般的见解作出两个评注。首先,如果只是把几何对象看作概念的或想象的对象,那么就不会去讨论时下讨论的这个根本问题了。因为那个问题关系到纯粹几何的概念结构是如何在物理学和各门实践技艺中逐步得到使用的。反复地说点和线是概念,或者把它们等同于意象,这无助于解决这个问题。在想象中接受的线对天文学或对精密仪器的构造(这二者都必须广泛地利用几何学)有何关系呢?

其次,来自于确认的思想实验事实的论证也没有什么力量。当我们在想象中对直线进行实验时,这些线是以什么方式被设想的呢?在实验中我们无法使用线的任意意象。我们必须以一定的方式来构造我们的意象。然而,如果在那些我们把想象的图形直观为欧几里德图形的情形中,我们考查一下对这些图形进行构造的方式,那么就会注意到欧几里德假设正在被暗中地用作构造规则。例如,我们一定能够想象两条不同的具有两个共同点的线。但这种线不能算做直线,只是因为它们不满足欧几里德对直线的要求,于是我们就会试图形成我们的意象以满足那些要求。或者改变一下这个例子,借助于合适绘制的图形,就有可能"证明"一切三角形都是等腰的——这是一个已知与欧几里德公理不相一致的结果。然而,这个所谓的证明是一个臆造的证明,因为正如我们通常看到的那样,实际上图形并没有被"正确地"画出,这里"正确性"标准是由欧氏几何本身提供的。因此,如果欧几里德公理充当了我们构造思想实验的规则,那么思想实验就永远遵守这些规则,这一点也不奇怪。总之,如果欧几里德公理被用作隐含定义,那么,由于它们指定了什么类型的东西才算是它们自己的实例,因而它们实际上是先验必然的。

b. 把几何学看作实验科学的一个分支,这个思想看来是相

当合理的，但愿是因为几何学起源于实际的测量技艺。这种合理性并没有由于我们受到如下观点的游说而面临的困难所削弱，此即几何学是一门关于空间结构的先验的知识体系。因为测量只能借助于物理仪器，而不是借助于空间的各部分来进行的。因此，没有任何对应用几何的论述是合适的，因为这种论述从几何学是充当一个测量理论这一事实中产生了一个难题。另一方面，如已指出的，牛顿把几何学作为最简单的力学分支的观点也有其自身的困难。现在我们必须来判定这些困难是不是不可逾越的。

在实验科学内区分两种使用几何学的方式那将是有益的。(1)第一种，也是历史上较早的一种研究在于不依赖于欧氏几何来指定物体的边、面和其他的构形，然后证明这些作为观察事实指定的东西在实验误差的限制内遵从欧几里德公理。(2)第二种研究在于应用欧几里德公设作为隐含定义，这样就没有任何物理构形可以称之为“点”、“线”等等，除非它们在一定的近似极限内满足欧几里德公理。这两种研究都面临类似的逻辑问题和经验问题，但每种研究在其讨论中都引入了一个独特的强调，每个又都赋予欧氏几何学以不同的地位。

Ⅰ．让我们比较详细地来考虑第一种研究。欧氏几何学和理论物理学的年纪一定不超过三千年。因此，确实有一段时间，当时忙于实际事务的人们还没有得到包含在这些体系中的知识。让我们设想我们处于那些人所面临的情景中。虽然我们对几何学可能一无所知，但我们仍然能区分不同的表面形式——最初或许是通过独立的视觉或触觉，但最终可能是用更可靠的方法。例如，一些面在一个或多个方向上明显是圆的，其他的面就不那么圆了，而另一些其他的面又似乎相当平滑。但这些辨

别不免有些粗糙，就哪一个面是平滑的而论，在我们之间好像并没有取得完全的一致。此外，如果缺乏合适的技术，那么我们就只有靠机遇才会碰巧碰见这样的面。

但假设力学技术逐步发达，我们学会了如何磨光或切削物体，这样就可以使一个物体的表面贴切地适合于另一个物体的表面。最终我们会想到取三个物体，磨平它们的表面，直到其中的任何两个物体都能平滑地相互适合。这个方法看来为具有最大平滑性的面提供了一个优良的客观标准，不管我们是不是准备把满足这一标准的面叫做"平面"。问这样的表面是否"确实"是平面显然毫无意义，因为它们是平面乃是通过定义，通过假设除了这里阐述的这个标准之外别无其他的"是一个平面"的标准。也请注意在判断两个面是否贴切地相互适合时，我们可以使用某种光学检验，如一个检验会表明当两个表面密合时就不会通过光线。不过，虽然我们可以使用这样的光学检验，我们不会假设(不管是明确地还是隐含地)光是沿"直线"传播，这样我们的方法实际上就不是循环的。我们不过是使用一个观察事实来作为说两个表面密合的一个条件。注意这一点具有本质的意义，即当说一个表面是一个平面时，唯一关键的事实问题是：这个表面是不是满足所指明的表面之间密合的条件。尤其是，在把"平面"这个名称赋予这样的表面时，并不涉及到与欧氏几何相联系的假定，这一点是应该注意到的。

现在我们可以以类似的方式来构造我们决定称为"笔直"或"直线"的种种边缘，如在一个物体上磨平两个平面以便它们有一条共同的边。进而借助于面和直线，我们可以构造那些称之为"点"、"三角形"、"平行四边形"等等的其他图形。如果能够使两条直尺首尾地重合，那么可以定义这两条直尺具有相等的长

度，为此，我们可以选择某个特定的直尺来指定单位长度。[①]

现在可以构造长度、角度、面积和体积的加法标度。但除了一个要点外，要略去这种构造的细节。在指定一个长度的标度，以及根据这种标度来进行测量时，一般来说必然要重复地搬运单位长度。这样就产生了一个问题：在单位长度的运动过程中，它是不是可以不经受一个长度上的变化呢？或许有人会问"我们怎样知道当一把直尺从一个地方移动到另一个地方时，其长度仍然是同样的？我们如何知道在某一个地方具有同样长度的两把直尺，当把其中的一把移动到另一个地方时，这两把直尺继续有着同样的长度"？

这些问题值得考虑，因为它们代表着一种混乱，一种在什么是事实问题和什么是定义问题之间经常产生的混乱。如果两把直尺在一个地方具有同样的长度（即它们首尾重合），又如果沿同样的或不同的路径把它们移到某个其他地方，那么它们在新地方是否具有同样的长度，这是一个经验事实问题。让我们假设一般来说实际情况正是这样。另一方面，如果两把直尺在一个地方具有同样的长度，又如果把其中一把移动到某个其他地方，那么这两把直尺是否继续同样长，这就不是一个经验事实问题了。按照我们已经采取的方法，只有通过做出决定、引入定义，才能回答这一问题。尤其，标准单位长度当从一个地方被移动到另一个地方时，它是否改变了其长度，这不是一个认识问题（亦即，具有能够使我们进行证实的观察证据的问题）。在我们已采纳的假设的框架内，这是一个只能由规定来解决的问题。

---

① 以上定义面和直线的方法是由 W·K·克利福德发展起来的，见他的《精密科学的常识》，纽约，1946 年，第 2 章；这个方法也由 N·R·坎贝尔发展，见其《测量和演算》，伦敦，1928 年，第 271—278 页。

因此有必要把如下两个问题区分开来，一个问题是：在一个地方具有同样长度的两条边当沿着同样的或不同的路径被移送到另一个地方时是否继续有同样的长度；另一个问题是：当把在一个地方具有同样长度的两把直尺中的一把移送到另一个地方时，二者是否继续一样长，或者，标准单位的长度在运动中是否是不变的。第一个问题可以诉诸观察来决定，因而涉及到**知识**问题；第二个问题不能以这种方式解决，它涉及到**定义**问题。

"但情况并非如此，"我们所设想的某个批评家会回答说，"在一个物体已被移动后，我们通常的确赋予它一个长度上的变化，我们通常对这种变化采取预防的措施。实际上，甚至于当它们就在同一个地方时，我们就认为有这种变化，并且把物体置于仔细地控制的环境，以试图避免长度上的变化（如在标准量器或码尺的情形中那样）。"对这个质疑的回答显然是肯定的。但这个回答是在拒斥前一段中提出的那个简化事实假定的基础上被论断，按照那个假定，在一个地方两把长度相等的直尺（如通过其首尾的重合来判断的那样）在任何其他的地方其长度继续相等，不管它们是通过什么路径从一个地方移动到另一个地方的。因此让我们抛弃这个假定，来作一个更复杂的讨论。

现在我们假设我们已学会区分种种物体，如区分不同种类的木头、金属和石块。我们也将假设我们知道如何鉴定物体在形状和相对尺度上发生变化的种种物理根源，如压缩或温度变化的根源。为了确定我们的思想，假设在时刻 t_1 和位置 P_1，两个直尺 a 和 b 长度相等，a 由槭木制成，b 由铜制成。进一步假设在一个稍后的时刻 t_2，直尺 b 长于 a，但在这个时间间隔中两个物体的温度都有所升高。让我们又假设经过了无数次的经验，我们终于认识到当不同的物体受到同样的温度变化的影响时，其相对长度会发生变化。因而唯一可以鉴定的变化的根源

就是在位置 P_1 温度上的升高，根据这一假设，我们就会把 a 和 b 的相对长度的变化归因于其温度的升高。请注意，我们不是在说 a 的长度一直保持不变，而只是 b 的长度变长；我们是在说 b 相对于 a 已经变长。

接下来假设，虽然 a 和 b 在 P_1 其长度仍然相等，但当它们被移动到 P_2(不管是通过同样的路径还是不同的路径)时其长度就不相等了。相对长度上的变化又可以按照一个或两个物体所经受的温度的变化来予以说明。我们已经把温度变化当作直尺的相对长度变化的根源，但对温度所说的东西显然也适用于实验上可鉴定的其他变化根源。但不管怎样，现在必须修正早先提出的这一假定：在一个位置长度相等的两把直尺，当被移送到另一个位置时，其长度仍然相等。在这个假定的修正形式中，这个事实假定包含了一个限制条件，即，当直尺从一个地方被移送到另一个地方时，导致相对长度变化的一切已知根源都保持不变，这样，无论是在直尺的初始位置还是在它们的终极位置，环境的特点(在实验上已知它们与物体的相对长度和形状的变化有关)是相同的。这样在这个经过修正的假设框架内可以说：当把一个物体从 P_1 移送到 P_2 时，该物体的长度(相对于某个专门指定的物体)发生了变化；或者说，在 P_1 长度相等的两个物体，当把其中的某一个移送到 P_2 时，它们的长度不再相等；这两种说法都是有意义的。

在对空间测量问题的这个修正论述中，还有一点需要简要的注意。因为有人可能会提出这个异议：这个讨论是基于一个循环的、自我挫败的方法。我们一直在勾划一种制定长度标尺的方式，但又假设不使用欧氏几何的任何假定；我们已经指出需要规定谈论两个直尺具有相等长度的条件。然而我们也假设有可能发觉这些条件是否会发生任何变化，比如，两个直尺的温度

是否是同样的并保持不变。在我们能够发觉这些变化或恒定性之前，难道我们一定没有温度计吗？因而我们必然没有长度标准吗？对一种长度标准的构造难道不假设这种构造的最终产物是先于这种构造而得到的吗？倘若如此，那么难道这种方法明显地不是循环的吗？

与现象相反，勿需产生这种循环。因为实际上有可能不运用仪器（如温度计，它采用了先前确立的长度标度）就能决定是否物体的温度有所变化（更一般地说，物体的相对长度的变化所依赖的物理条件是否有所变化）。例如，在原始的研究水平上，我们可能完全依赖于我们的身体对一定范围内的温度变化的感受性。在比较高级的知识阶段上，我们可以把由不同物质构成的两条笔直测杆的不均等的膨胀或收缩作为温度变化的检测仪。在这一情形中，请注意，我们要使用的不是线性膨胀或收缩的定量测量（因为这的确会把我们带入循环论证），而只是这个定性事实：起初长度相等的两个测杆在可变的温度场中变得不相等了。在更高级的知识水平上，我们可以以如下事实来认识温度的变化，即，使两种不同的金属形成一个闭合环路，则当金属的结合点上的温度发生变化时，靠近这个环路的一条磁针会发生偏转。如此复杂的检测仪的建造和使用涉及到我们在此无法深究的细节。但甚至我们对它给出的这个程式化的论述也足以表明，可以不循环并且不采用某个先前的几何理论来构造长度的一个加和标度。

一旦制定了一个加和标度，一旦以这种方式摆脱了种种困难，我们就能构造人们称作“圆”的某些图形，借助于这些图形，我们就能构造一个角度测量标度。由此我们表明，不应用欧几里德几何学的任何假定，原则上怎么能够指定一类图形及对它们的某些测度。剩下的问题是：这些图形（以及其他能用类似的

方式构造出来的图形)是否满足欧几里德几何学的公理和定理;或反过来,当把欧几里德几何学的术语“点”、“线”等等解释为指称这些类似地命名的构造出来的图形时,欧氏几何对它们是否为真。但这个问题显然是一个经验问题,在进行任何实际的经验研究之前,没有办法知道如何对其进行回答。而且,很清楚,从这种经验研究得到的证据至多表明了欧氏几何和构造出来的图形之间的近似一致。因为,首先,在处理测量时不总是能排除不可控制的干扰因素,这样很可能就会产生随机“误差”或实验“误差”。其次,测量仪器的分辨力是有限的。例如,在技术发展的某一特定阶段,我们便无法区分在某一最小延展之下的长度。另一方面,欧氏几何学在断言某些长度具有只有用无理数才能表示的相对量值时,它假设对长度的分辨能力是不受限制的。因此,没有任何公开的测量能够决定某些长度的量值是否如几何学所要求的那样是无理的。最后,欧几里德陈述有时做出一些断言,而直接的测量不可能表明这些断言是对实际图形有效的。例如,如下陈述就是这种类型的陈述:如果由一条横截线与一个平面内的两条直线形成的内错角相等,那么这两条直线绝不相交。因为我们可以构造的每一个平面都具有有限的广延,因而我们无法通过观察或公开的观察的测量确定两条直线是否并不相交——不管把它们延长多远。不过,在实验所及的范围内,并根据以上提到的限定,以这种方式构造出来的图形和应用欧氏几何学的陈述之间其实符合得很好。因此,直到最近,力学理论及其他物理学分支还坚定地立足于一个假定,即,欧氏几何学对于一系列以类似于我们勾划的方式构造出来的物理构形是适用的。此外,虽然爱因斯坦相对论使用了一个不同的几何系统,但工程技艺以及实验室仪器的制作无疑在可以预见的将来将继续实行那个假定。

ii. 现在我们已经完成了我们对几何学的第一种探讨的讨论。我们必须来考察对几何学的第二种探讨，按照这种探讨，人们把欧几里德公设用作某些图形的隐含定义，而这些图形构成了那些公设的应用范围。由于大多数的相关问题已得到讨论，我们的考察相对来说要简洁一些。

这些可能的探讨之间的本质差别是：按照第一种探讨，"点"、"线"等诸如此类的表达式被应用于这样一些物理构形，而这些物理构形是按照不依赖于欧氏公理即可指定的规则来构造或鉴定的，此时，按照第二种探讨，那些表达式只应用于满足欧几里德要求的这种构形。因此，按照前一种探讨，如果对独立地加以指定的线、角、圆等的实际观察和测量表明在这些图形的性质和欧氏几何指导我们所预期的性质之间存在着重大偏差，那么我们原则上就准备放弃欧氏几何。另一方面，按照后一种探讨，如果我们构造图形的方法得不出与欧氏几何相一致的图形，那么我们原则上就准备不惜任何代价地维护欧氏几何，并改变我们构造图形的方法。按照第一种抉择，欧氏几何学是关于先前分类和命名的物体的空间性质的偶然的、后验陈述的系统。按照第二种抉择，欧氏几何学是对这种性质进行分类和命名的先验规则的系统。

让我们简单地指出如何以后一种方式使用欧氏几何学。如果我们把欧几里德公设接受为隐含定义，那么我们必须发现或构造那些满足欧氏公设所规定的条件的图形。这样一来，假设我们是以在上述第一种探讨的讨论中所提出的方式来构造面、边等等，进而开始我们的讨论的。但我们还没有资格把这些图形称作"平面"、"直线"等等，而首先必须对它们进行观察和测量。我们会发现这种研究的结果表明，那些图形具有与欧氏几何学对平面、直线等的要求相当一致的性质。这样我们就有权

假设那些图形就是平面、直线等等。另一方面，假设这种研究的结果表明，那些图形所具有的性质大大地偏离于欧氏几何的要求。例如，假设某一三边形的角度之和与两个直角之差(由规定的角度标度来定义)大于10°，这个偏差远远大于可能的实验误差。那么在这种情况下，这样构造出来的图形就得不到一个熟悉的几何名称，尤其是不能把这个图形称作“三角形”。相反，我们会修改我们构造图形和测量其空间度量的规则，直到我们得到至少与欧氏几何近似的图形。

但构造欧几里德图形证明是格外困难的，不管我们如何改变对预期的表面和直边进行构造的规则，我们很难得到甚至只是与欧氏平面和直线相近似的东西。这种情况还不会“剥夺”欧氏几何学，虽然它可能会把欧氏几何学作为一个高度不便的测量理论保留下来。我们当然能够容忍这种不便，并听任于这一事实：依据欧氏几何理论对空间尺度进行的计算很难与明确的测量结果相一致。但我们还可以考虑其他两个抉择。我们或许能成功地发展出那些基于欧氏几何的物理理论，这样就可以通过那些理论来系统地说明在构造(或发现)欧氏图形上的连续不断的失败，同时由实际的测量而确定的物体的空间度量就会比较符合从那些理论算出来的数值。或二者择一地，我们或许会放弃作为分类和命名空间图形之先验规则系统的欧氏几何学，面为此设计出某个其他的纯粹几何系统。

因面这个讨论指出：(一方面)作为一门经验科学的欧氏几何学和(另一方面)作为一个先验规则系统的欧氏几何学这两种显然不相容的概念都能被接受为合理合法的。当按照那些勿需诉诸欧氏几何学就能予以表述和应用的规则来把平面和直线等等构造为或鉴定为物体的特点时，几何学是经验科学的一个分支。当对那些想具有欧氏几何名称的图形的构造和鉴定是受欧

氏公设支配和指导时，欧氏几何学是一个先验的规则系统。不过，在这两种探讨中，经验假定和先验假定都起着作用。按照第一个抉择，对称为“平面”、“直线”等图形进行构造的规则是先验的，面欧几里德陈述是经验的。按照第二个抉择，欧几里德公设是先验的，（按照指定规则来构造或鉴定的）某些图形是平面、直线等的断言是经验的。总之，这两种抉择之间的差别就是在把约定或定义引入一个知识体系的所在地上的差别。

第九章　几何学和物理学

几何学是最简单的力学分支，这个牛顿式的观念乃是立足于一个隐含的假定：欧氏几何学是唯一能够提供一个测量理论的空间关系理论。然而，自从牛顿时代以来，大量可供抉择的纯粹几何学已经被构造出来。这样，欧氏几何学是对空间关系的完全正确的分析这一假定就不再站得住脚了，其实在发展非牛顿的力学理论时，已经开始使用一些非欧几何学。因此需要进一步探讨几何学的逻辑地位，这个问题在前一章中是按照一个牛顿式的假设进行讨论的，即没有对欧几里德系统进行取舍的几何系统。本章要做的工作，是进一步考察在把几何学选作物理学中的测量理论时，经验事实问题和定义性的约定问题所起的作用。我们首先要论述的是对欧氏几何学的主要抉择，它们之间的关系以及它们与欧几里德系统的关系。这里必然要引入一些技术性的数学细节。这样一来我们就要审视一些考虑，为了发展出一个物理理论，这些考虑参与了对于一门几何学的选择之中，同时我们也要讨论如下论点的价值，即，一个几何系统归根结底不过是一套进行空间测量的约定。

一、可能的几何学及其相互关系

纯粹几何的非欧系统的构造是试图论证欧几里德平行公设的直接产物，即通过表明平行公设是欧氏几何的其余假定的推

理。从形式上看，欧几里德平行公设并不像其他公设那样自明，这个公设断言：如果在一个平面内的两条直线被第三条直线切割，这样，如果在该横截线的一边的内角和小于两个直角，那么当充分延长这两条直线时，它们会在那一边相交。这条公设包含在欧几里德公理中，这通常被认为是欧氏几何的"奇耻大辱"，但是不假设某种与之等价的东西而又要证明它的一切努力都一律没有取得成功。然而，从欧氏几何的其余公设不能推导出这个公设，仅仅这一失败并没有证明不可能从那些公设中推出平行公设。恰恰是在这样一种不可能性证明最终产生时，数学中的革命便应运而生了。这个证明不仅标志着两千多年来这样一种徒劳无益的努力的终结，而且标志着非欧几何——否定一个或多个欧几里德公设的几何——的开始，因而最终标志着非牛顿力学的开始。在本节中，我们将简洁地描述两种可能的纯粹几何，考察它们与欧几里德系统的关系。①

1. a. 有一种基本的技术证明一个特定的陈述与某些其他陈述的逻辑独立性。设 A_1、A_2，…，An 是欧几里德几何的一个公理集，假设我们想证明不可能从其他的公理推导出 A_1。如我们已指出的，由于一个陈述的可推导性一般不依赖于其题材词项的专门意义，只依赖于其形式结构，因此我们可以假设欧几里德公理是陈述形式的一个集合。现在 A_1 要么能够从其他的公设

① 几条数学研究路线都对非欧几何的发展做出了贡献，其中每条路线都刻意阐明了这些可能的几何系统的内在结构和相互关系。其中的一个方法是公理方法；第二种方法是微分不变量方法，它由黎曼发展为对高斯引入的某些基本思想的总结；第三种方法是距离的射影定义方法，这种方法与凯利和克莱因的名字相联系。然而，除了公理方法外，所有其他的方法都需要相当的数学训练。我们因此将集中于探讨公理方法，不过我们也要述及探讨非欧几何的其他两种方法。

推导出来，要么推不出来。如果能够推导出来，那么，如果以一个形式上与 A_1 不相容的公设 A_1^* 取代 A_1，则这个新的公设集就是一个不一致的集合，这就是说，就会得出不相容的推理。另一方面，如果 A_1 逻辑上不依赖于其他公设，那么，新的集合 A_1^*、A_2、…、An 就产生一个一致的推理系统。不论在这个新的系统中确立起多少定理，其中没有一个定理在形式上不相容于这个新公设，或者不相容于从整个集合中推导出来的任何其他定理。这样，A_1 在逻辑上是否独立于 A_2、A_3、…、An 这一问题就被还原为公设 A_1^*、A_2、…、An 的集合是否是一个一致集这一问题，这里 A_1^* 是 A_1 的矛盾命题或反命题。

但是，如何证明一个公设集的一致性呢？这不是一个容易回答的问题，在特定的情形中解决这个问题需要相当复杂的逻辑和数学技能。已经发展出两条主攻线来处理这一问题。第一个方法，也是历史上较早的方法是为在公设中出现的谓词变量找到一个解释，这样按照这个解释，这个陈述形式就转变成为一个真陈述。因此，通过以题材词项对陈述形式的谓词变量进行合适的代换，如果能够把陈述形式 A_1^*、A_2、…、An 转变为真陈述，那么，就证明了这个集合是一致的。从而证明了 A_1 是独立于其余公设的。第二种方法是一个更形式的方法。这种方法在于证明一个特定的公设集合像某个其他的集合一样一致，而后者的一致性被视为是理所当然的。这种证明是这样来进行的，即以这样一种方式把第一个集合中的陈述形式与第二个集合中的陈述形式关联起来，以致于如果能够在第一个集合中推导出一个矛盾，那么在第二个集合中也必然会出现一个矛盾。

我们将在这一节的第二部分再来进一步讨论第二种方法，目前我们要阐明和考察的只是第一种方法。为此，考虑如下三

个陈述的集合：

S_1：对任意两个不同的整数，要么第一个大于第二个，要么第二个大于第一个。

S_2：对任意两个整数，如果第一个大于第二个，那么第二个不大于第一个。

S_3：对任意三个整数，如果第一个大于第二个，又如果第二个大于第三个，那么第一个大于第三个。

这三个陈述都是真的算术陈述。不过我们可能想知道第一个陈述是否可以从其他两个陈述中推导出来。为了回答这个问题，我们取代这些陈述中专门的题材词项，这样就得到了如下三个陈述形式：

A_1：对属于一个类 K 的任意两个不同的元素 x 和 y，要么 x 具有与 y 的关系 R，要么 y 具有与 x 的关系 R。

A_2：对 K 中的任意两个元素 x、y，如果 x 具有与 y 的关系 R，那么 y 不具有与 x 的关系 R。

A_3：对 K 中的任意三个元素 x、y、z，如果 x 具有与 y 的关系 R，又如果 y 具有与 z 的关系 R，那么 x 具有与 z 的关系 R。

现在构造一个在形式上与 A_1 不相容的陈述形式 A_1^*，例如，我们可以取 A_1^*，如下：

A_1^*：在 K 中至少存在两个不同的元素 x、y，以致于 x 没有对 y 的关系 R，y 没有对 x 的关系 R。

因此，A 是独立于 A_2 和 A_3 的(从而 A_1 的任何实例如 S_1 形式上独立于其他两个的相应实例，如 S_2 和 S_3)，如果这个陈述形式的集合(A_1^*、A_2、A_3)是一个一致集的话。为了证明这个集合的一致性，我们为谓词变量 K 和 R 寻找一个解释，这样这个集合中的陈述形式便转变为我们有充分的理由认为其为真的陈述。因此，让我们以谓词“人”代替谓词变量 K，以关系词项“是……的

祖先"代替谓词变量 R。根据这个代替，由 A_1^* 得到的陈述是：至少存在着两个人，以致于没有一个是另一个的祖先。这个陈述显然是真的。由此推出集合(A_1^*、A_2、A_3)是一致的，这样 A_1 不能从其他两个陈述形式中推导出来，因此 S_1 不能从 S_2 和 S_3 推导出来。

b. 第一个纯粹非欧几何系统正是通过应用上述方法构造出来的。在 19 世纪 30 年代，两位各自独立地从事研究的数学家，罗巴切夫斯基和波里亚，发展出一个几何系统，该系统立足于欧几里德平行公设的一个反命题。这个公设的欧几里德型式等价于更令人熟悉的普莱费尔公理，按照这个公理，通过一个点仅有一条直线平行于一条既定直线。因此我们将讨论罗巴切夫斯基对这个假设的变革，即，被用作欧几里德几何学之平行公设的是普莱费尔公理，而不是欧几里德原来的表述。

罗巴切夫斯基以如下假定取代了平行公设，即，通过一给定点有两条线平行于一既定直线。从这个新的公设集中，他推出了大量相互一致的定理，其中一些定理与欧几里德系统中的类似定理显然不相容。例如，在罗巴切夫斯基几何学中，一个三角形的内角和并非像在欧氏几何学中那样对一切三角形都是恒定的，这个内角和总是小于两个直角，而且随着三角形面积的增大而减小。[①] 而且，没有任何两个面积不相等的三角形是相似的。此外，一个圆的周长与其直径的比率也不是对一切的圆都是常数，这个比率总是大于 π，并且随着面积的增大而增大。罗巴切夫斯基和波里亚各自都没有证明这个新几何学的内在一致性，这个系统的一致性暂时还是一个未决问题。终于在 1869 年，贝

---

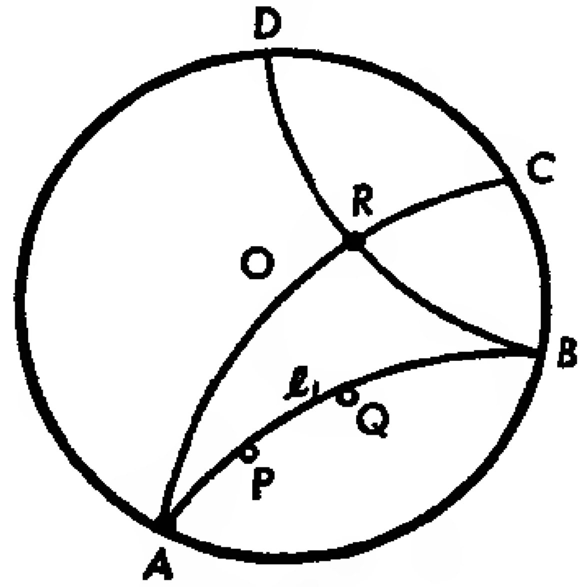
① 其实，两个直角与这个角和之差（通常称为"亏值"）正比于该三角形的面积。

尔特拉米才赋予这个系统的几何谓词以意义,这样就把罗巴切夫斯基公设解释为关于在某些鞍背面上的线和曲线的陈述。[1]然而,可以证明这些陈述在欧几里德几何内是真的。这样就无可辩驳地确立了一门与欧几里德几何一样内在一致的非欧几何的可能性。

我们不再详细解说贝尔特拉米的解释,因为这个解释并不适合于简单评注的需要。不过,我们有必要充分详细地考虑对罗巴切夫斯基公设的另一个解释,对于二维的(或平面的)罗巴切夫斯基几何,这个解释首先是由彭加勒提出的。在一个欧几里德平面上来考虑一个半径为 k 的固定圆周 O 的内点(称之为"L－点")。在该平面上的所有其他点,无论是在 O 的圆周上还是在它的外部,都不属于 L－点这个类。通过任意两个 L－点,存在着一个唯一的与 O 正交(即以直角相交)的圆。这样一个圆位于 O 内的那段弧被称为"L－线"。通过一既定的 L－线外的任意两个点,可以引出两条 L－线,它们在圆周上与这条既定的线相遇;把这两条线称为这条既定线的"L－平行线"。这样在这个图形中,P 和 Q 是决定一条唯一的 L－线 l_1 的任意两个 L－点。从不在 l_1 上的任意 L－点 R 能够画出两条 L－线,它们在 O 的圆周上与 l_1 相遇于非 L－点 A 和 B,它们就是经过 R 的 l_1 的 L－平行线。显然,经过 R 且位于角 ARB 内的任意 L－线将与 l_1 相交,而经过 R 且位于角 BRC 内的任意 L－线将不与 l_1 相交。我们也把在两个 L－点之间的"L－距离"定义为那两个点和由这两个给定的 L－点决定的 L－线与圆 O 的交点的某一

[1] 它们是通过旋转那被称作"曳物线"的平面曲线(把它的渐近线作为旋转轴)而得到的旋转面。曳物线被定义为这样的曲线,以致从切线与一既定直线的交点开始扩展的那段切线具有不变的长度。

函数。[①]（在两条相交的 L－线之间的“L－角度”定义为这两条 L－线的切线的交角）。进一步，我们将把由三条 L－线形成的一个封闭图形称为一个“L－三角形”；把其所有的 L－点离一个固定的 L－点具有一个恒定的 L－距离的一个封闭图形称为一个“L－圆”。其他的 L－图形可以以类似的方式加以定义。



然而，可以证明，在罗巴切夫斯基公设中，如果我们用“点”这个词代替表达式“L－点”，以“直线”这个词代替表达式“L－线”，等等，那么结果得到的一切陈述都可以在欧氏几何学中得到论证。例如，这样一来前面提到的关于三角形之角和的罗巴切夫斯基定理就断言：与一个确定的圆正交的各个圆的弧界定而成的欧几里德图形的角和小于两个直角，其亏值正比于这个

---

① 这个函数正比于已提到的四个点的非谐和比的对数。这样，如果 P 和 Q 是任意两个 L－点，A 和 B 是由 P 和 Q 决定的 L－线与 O 的交点，那么 P 和 Q 之间的 L－距离按定义等于：

$$\frac{R}{2}\times\log\left(\frac{PA}{PB}:\frac{QA}{QB}\right)$$

显然，在一个 L－点和圆周上的任何点之间的 L－距离是无限的。

图形的面积。但可以证明这个断言在欧氏几何学中是真的。由此推出罗巴切夫斯基几何学是一致的——无论怎样至少与欧氏几何学一致。因为如果前者不一致，那么在欧氏几何学中，研究与一个固定的圆正交的圆弧之性质的那一部分就会产生矛盾。

我们可以给对罗巴切夫斯基平面几何的这个相当概略的解释添加一些幻想的血肉。想象二维生物所居住的圆的内部，这样圆 O 的周界便是其世界的极限。又假设在这个宇宙中绝对温度在 O 的中心是最大值，它随着离这个中心的距离 r 而降低，这样在任意一点的绝对温度 T 由公式 $T = C(R^2 - Y^2)$ 给出，这里 C 是一个比例常数。进一步假设这个宇宙中的所有物体都具有同样的热膨胀系数，假设当一个物体从一个地方移动到另一个地方时，该物体及其环境之间的热平衡立即就被建立起来。这样就会推出任何测量杆的长度都将正比于其绝对温度。因此，对于一个不处于这个奇特世界中的旁观者，向 O 的周界运送的一条测量杆将逐渐缩短。因此该世界的居民绝不能到达其边界。因为正如这个旁观者判断的，当一个居民向着圆周界运动时，其身体和步履都会变得越来越小，虽然他本人意识不到这样一种收缩。实际上，对于一个居民来说，一切处于 O 的周界上的点离该宇宙内的任何点都是一个“无限距离”。而且，正如可以论证的那样，对于这些居民来说，在他们的宇宙中的任何两个点之间的最短距离将不再是联结这两个点的欧几里德直线，而是通过这两个点，并且正交于圆 O 的圆弧。(实际上，如果我们做出一个附加假设，即在该宇宙中，任何点上的光速也正比于在那个点上的绝对温度，那么光将沿着这样的弧线运动。)最终，通过这个宇宙中的不在一既定直线上的一点，可以引出无限多条不与那条直线相交的直线。另一方面，通过那个点、且在圆周上与那条既定的线相交的都将平行于那条线，因为它们是在“无限遥远”的点上与那条既定的线相遇。简单地说，在这个

宇宙中，居民们会发现物体的几何学是罗巴切夫斯基几何。

c. 罗巴切夫斯基－波里亚纯粹几何学不是对欧几里德几何学的唯一取舍。因为还能以另一个反命题来取代欧几里德平行公设，而这个反命题与罗巴切夫斯基系统中采取的那一个有所不同。如果以如下假定来取代欧几里德公设，即，通过一既定直线外的一点没有那条直线的平行线，那么实际上就得到了一个不同的非欧几何。但在这一情形中，也必须修改其他的欧几里德公设，例如一条直线可以被无限延长的公设，以及两个点总决定一条唯一直线的公设。通过这些修改而得到的纯粹几何被称为“黎曼几何”，虽然黎曼得到这一几何学，是通过发展高斯的曲率和短程线的概念，而不是通过应用公理方法。下面是黎曼几何中的一些定理的例子：一个三角形的角和总是大于两个直角，其超额值正比于该三角形的面积；一切直线都具有有限的长度，两条直线总是围成一个区域；一个圆的周长与其直径的比率小于π，且随着这个圆的面积的减小而增大。

很容易为黎曼几何的公设提供一个真的解释，从而证实这个系统的内在一致性。为此，考虑一个欧几里德球面S，称它的点为“R－点”。在S上的大圆的弧被称为“R－线”；由三条R－线所界定的在S上的一个封闭图形被称为“R－三角形”；如果从S上的一个封闭图形的周界上的每一点到一个固定点的R－线相等，那么称这个图形为“R－圆”。现在如果我们在黎曼公设中以“点”代替表达式“R－点”，以“直线”代替表达式“R－线”，等等，那么结果得到的陈述在欧几里德球面几何学中是可证明的。例如，以上提到的纯粹黎曼几何的第一个定理由此就转变为这一陈述：一个球面三角形的角和大于两个直角，其差值正比于该三角形的面积。由此推出黎曼几何是一致的，或不管怎样与欧几里德系统一样是一致的。

d. 罗巴切夫斯基几何和黎曼几何并没有穷尽可以构造出来的对欧几里德系统的取舍。它们是非欧几何系统的两种最熟悉的类型;对其他类型的非欧几何的描述需要更多的数学装备。然而,如果要恰当地理解现代物理学所提出的一些逻辑问题,就需要对非欧几何的其他探讨略有所知。因此,我们转到对这些其他探讨的高度简化的论述。

正如已经提到的,黎曼在构造他的那种非欧几何时所使用的方法(以及在黎曼之后,但独立于他的工作,赫尔姆霍茨所使用的方法),是立足于高斯在对各种表面及其固有性质进行研究时首先发展起来的某些思想。首先,高斯证明,如果给定任何表面,就有可能按照完全包嵌在那个面中的一个坐标系来表示那个面上的任何图形的方程。高斯也表明如何推广"直线"(这被认为等价于"两点之间的最短路径")的概念以使之能应用于位于任意表面上的曲线。最短路径被称作"短程线"。因此,如果定义了在一个面上的短程线,那么也就给出了对那个面上的长度进行测量的规则。

例如,在一个欧几里德平面上,短程线是欧几里德直线,其长度是用直尺来测量的。在一个球面上,短程线是大圆的弧,其长度是用作为大圆之小圆弧的边来测量的。另一方面,在一个正圆柱的表面上,情况就复杂些了,因为视人们从一个固定点运动的方向的不同,短程线有不同的类型。这样,从一个任意点,在平行于圆柱轴的方向上,短程线是一欧几里德直线;在与轴垂直的方向上,短程线是一个圆,在这二者之间的方向上,短程线是螺旋线。在像鸡蛋或环形物体的情形中,甚至涉及到更复杂的面。

一般来说,在一个面上的一条短程线的性质对这个面上的不同的点,对在一既定点上的不同的方向是不同的。然而,短程线的特征原来是内在地依赖于这个面的某个"固有"属性。这个

属性在这个面上可以从点到点地发生变化，但是当这个面没有伸展或撕裂地变形时，这个性质保持不变（即是恒定的）。因此，在平面的情形中，被这个面被卷成一个圆柱或锥体时，这个性质没有发生变化。在如下意义上，可以说该性质是这个面“固有的”，即，它彻底地可以按照完全位于那个面上的坐标系来定义，而勿需诉诸在那个面之外的东西。基于类比，高斯把这个性质称为该面在一个点上的“曲率”，这是一个最终证明对于非数学家来说颇为令人误解的名称。短程线和曲率之间的关系是这样的：给出通过一个面上的一个点的短程线的形式，就能推出那个面在那一点上的曲率。因此，如果我们知道如何测量通过一个面上的一个点，且沿着最短路径的距离，我们就能算出那个面在那个点上的曲率。这样，若采取不同的测量长度（因此指定短程线）的规则，就得到了一个面的曲率的不同的值。

让我们来考查导致高斯引进表面的曲率这一概念的类比。首先考虑曲线的曲率。说半径为 R 的一个圆具有一个值为 $1/R$ 的曲率，因为这是圆周“弯离”任何点上的切线的量的一个指数。显然一个圆有一恒定的曲率。对于其他的曲线来说，在一个点上的曲率被定义为在该点的“密切圆”的曲率。一条曲线在一点上的“密切圆”就是通过该既定点和两个“邻近”点的一个圆。这种圆的更确切的定义如下：设 P 是一条曲线上的既定点，M 和 N 是这条曲线上的两个其他点；这三个点就决定了一个唯一的圆。现在让 P 固定，但让 M 和 N 向 P 移动。由这些点决定的圆一般来说是不同的。但是当 M 和 N 最终与 P 重合时，就得到一个极限圆，这就是在 P 点的密切圆。

有必要区分把密切圆的半径引向与曲线的接触点的两个方向，即正方向和负方向；这样一个曲线在一点的曲率可以是正的，或负的，或甚至为零。例如，一个椭圆有一个变化的正曲率，

因为在椭圆上各点的密切圆的半径不是恒定的，但是一切径向都指向椭圆内部。一条等角螺旋线有一恒定的正曲率，而一条直线的曲率则为零（可以把一条直线设想成一个具有无限长的半径的圆，这样这个半径的倒数即其曲率就是零）。一条立方抛物线的曲率也是变化的，且有时为正，有时为负，有时为零。

接下来考虑一个任意曲面。在这个面上的任何一点作一条垂直于它的直线，设想一个包含该直线并与这个面相交的平面。以此直线为轴，旋转这个平面，在该平面的各个位置，它一般都是以一条曲线与那个曲面相交。实际上，在垂线的根部直接邻域处的曲线的片断便是该面在那个点的短程线。现在可以证明，一般来说，这些短程线中的一条的曲率 C_1 是过那个点的一切短程线的**最大值**，而其他某条短程线的曲率 C_2 是**最小值**。高斯把乘积 $K = C_1C_2$ 称为“该面在一个点上的曲率”；很容易看出 K 可以是正的、负的，或零，对这个点上的一切点，K 可以有一个恒定的值，或者在不同的点有不同的值。

这样，半径为 R 的球有 $1/R^2$ 的恒常正曲率。平面的曲率是零，但一个正圆柱以及一个正圆锥的曲率也是零。

高斯的分析的一个显著结果便是这个重要的定理：在不“太大”的区域，两个曲面有同样的几何学，当且仅当在这些区域两个曲面有同样的曲率。例如，如果我们把“直线”理解为“一个曲面上的短程线”，那么欧几里德平面的几何学就等同于一个正圆柱的有限部分的几何学。这样，在这两个面上，一个三角形的角和都等于两个直角，圆周长与直径的比值都等于 π。另一方面，在一个球面上的几何学就不同于在一个平面或在一个鞍背面上的几何学了。因此一个球面三角形的角和大于两个直角，而一个平面三角形的角和总是等于两个直角。

以上对曲率概念的说明——不论是对曲线还是曲面——都

很容易导致一个假定：一条曲线（或一个曲面）有一个曲率，只是因为它是一个处于比它本身还高维的"空间"中的图形。例如，一个圆的曲率被定义为其半径的倒数，这就显然需要我们走出圆的一维周界而进入二维平面。类似地，一个二维曲面的曲率是按照经过该面的垂线的一个平面来说明的，这样这个面的曲率概念看来就诉诸了第三维。实际上可能毫无疑问的是，高斯是通过把曲线和曲面看作嵌入高维空间中的图形，来对曲率进行分析的；以这种方式引入高斯的思想，无疑在教学上具有启发性。不过，假设对曲线或曲面的曲率进行定义的唯一方式便是通过诉诸一个高维的包嵌空间，那就犯了一个严重的错误。相反，可以完全按照关于曲线或曲面本身的数量之间的关系来定义曲线或曲面的曲率。因此，曲率的概念完全独立于对高维空间的哪怕是隐含的求助。

但是，这里不能给出曲率的这一确切定义，它完全按照属于一个图形的数量之间的关系来阐明，而勿需暗中诉诸外在于该图形的东西。之所以不能给出这一定义，乃是因为这个定义需要应用更高级的数学方法和技能，而大多数读者对此并不熟悉。因此我们只是断言事实上可以给出这样一个定义。[1] 不过在这

---

[1] 这个定义的一般结构如下：设 S 是一任意曲面，U 和 V 是相对于完全位于这个曲面上的坐标系的该曲面上任何点的坐标。在 S 上任何两个紧邻的点之间的基本距离是 ds，它由 $ds^2 = Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2$ 来定义，这里 E、F、G 是坐标的某个函数，它们依赖于在 S 上采取的测量长度的方法。如果 L、N、M 是 E、F、G 的某个函数，因此是坐标的某个函数，那么 S 在一既定点上的曲率被定义为：

$$K = (LN - M^2)/(EG - F^2)$$

也可以采取如下研究方法。一个小球面的面积和体积分别由下式给出：

$$S = 4\pi r^2\left(1 - \frac{Kr^2}{3} + \cdots\right);\quad V = \left(4\pi\frac{r^3}{3}\right)\left(1 - \frac{Kr^2}{5} + \cdots\right)$$

这里 r 是球半径，K 是这个"空间"的曲率。参见H·P·罗伯特逊："作为物理学之分支的几何学"，载《阿尔伯特·爱因斯坦：哲学家—科学家》（P·A·希尔普编），伊文斯顿，伊利诺斯，1949年。

点上一个类比是有益的。往往把一个椭球定义为一个椭圆绕其主轴旋转而产生的曲面。但由此并不能推出这是定义一个椭球的唯一方式;例如,当用某个坐标系中的笛卡儿坐标来表达时,可以把一个椭球定义为其上的每一个点都满足方程 $x^2/a^2 + y^2/b^2 + z^2/c^2 = 1$ 的一个曲面。而且,因为一个物体(如一个果子冻蚕豆)是一个椭球,就推断说它必定是通过旋转一个椭圆而产生的,这就大错特错了。类似地,政治哲学中所说的"社会契约论",通常是按照在某个历史上遥远的时代的一种假设的政治组织的形成来阐述的,好像在那个时代以前人类并不存在任何社会制度似的。然而这个理论的意图不是提出一个历史论题,而是分析政治契约的结构。因此表达社会契约论的历史语言便是一种阐释性的手段,结果评价这个理论的合适性好像它是一个关于历史根源的陈述,便犯了一个错误。必须以同样的方式来看待以上对于曲率概念的说明,要认为这个说明是在采用一个具有启发价值的陈述形式,但不是一个实际地得到分析的陈述形式。不管怎样,要注意到的根本点是,可以定义一条曲线或一个曲面的曲率,而勿需引入有关高维空间的考虑。

高斯对曲率的分析并没有超出对于曲面曲率的分析。对高斯的思想进行推广是黎曼的杰出成就,结果,短程线和曲率的概念就可以联系着具有任意维数的空间而得到使用。尤其是,黎曼的工作使我们能够定义三维流形而不必假定这种流形是嵌入四维空间之中的。如同在二维曲面的情形中一样,三维流形的曲率可以是正的、负的,或零,它可以对一切点都为常数或者随点而发生变化。一个空间的几何学与其曲率之间有内在的联系。这样,当这个空间的曲率是常数且为正时,该空间的几何学遵从黎曼非欧几何的要求。当这个曲率是常数且为负时,该空间的几何学是罗巴切夫斯基几何。当曲率一致为零时,这个几

何学实质上就是欧氏几何。由于一个流形的曲率取决于在它上面什么样的线被定义为短程线，因此这个曲率也就依赖于在测量长度时所采取的规则。在以黎曼的方法来构造非欧几何时，得到的教益便是：所要求的这种类型的几何学是采用来进行空间测量的规则的结果。这一点的重要性马上就会表现出来。

e. 迄今我们已经指出构造非欧几何的两种方法：公理方法和按照短程线、曲率和测量的概念的黎曼方法。但还必须简单地说明一下第三种方法。这种方法强调变换之中的差异，而在这种变换下，被定义为两点之间的"距离"的东西在一切可能的几何学中都保持不变。

这种由凯利和克莱因在19世纪60－70年代发展起来的第三种方法，即是从射影几何的立场来看待我们一直在考虑的可能的几何学。这种种几何学，包括欧几里德几何学，都被表征为"度量"几何学，因为它们本质上都利用了全等的概念，也就是说，利用了线段、面积、体积和角度的相等的概念。另一方面，射影几何完全勿需这个概念，它只研究在射影下保持不变的图形的性质。例如，假设把一个三角形从一个平面投射到另一个平面，也就是说，它是从这两个平面外的某点被投影的；那么，从这个三角形上的各点引出直线，并延长它们直至它们与第二个平面相交，这样在第二个平面上就形成了该三角形的一个映像。一般来说，第二个三角形的边长、角度和面积都不同于第一个三角形的相应项。不过，在通过投射进行的变换下，特定图形的一些性质是保持不变的。例如，在第一个图形中共线的点的集合将对应于在第二个图形中的共线的点；在第一个图形中共点的线也对应于第二个图形中共点的线。作为另一个例子，考虑把一个圆从一个平面投影到第二个平面。在第二个平面上，与第一个平面上的圆相应的图形，总是一个圆锥曲线段，而与这个圆

的圆周相交的线将被变换为与第二个图形的周界相交的线。

可以更一般地阐述纯粹射影几何的内容，而且，出于我们的目的也有必要这样做。给出任意4点，它们在一条直线上的位置是由4个坐标 x_1、x_2、x_3、x_4 按次序指定的，由这些坐标的差可以形成一定的比值，称为这些点的“非谐和比”。这个比值是一个双重比值：

$$\frac{x_1 - x_3}{x_2 - x_3} : \frac{x_1 - x_4}{x_2 - x_4}$$

以一种纯射影的方式就能引入这些坐标，而不必利用全等或距离的概念。因此，不要把坐标之间的差（如 $x_1 - x_3$）解释为在相应的点之间距离的测度。以类似的方法，就能定义位于同一平面上的4条共点线的非谐和比，以及共线的4个平面的非谐和比。而且，在射影变换下，非谐和比证明是不变的，这里射影变换本身在代数中可以用坐标的齐次线性变换来表达。因此可以把射影几何刻划为使非谐和比保持不变的变换的理论。

射影几何本身可以以一种公理的方式得到发展。射影几何的公设不包括关于全等或平行的假定。因此，相对于我们一直在考虑的三种度量几何来说，射影几何是中立的，它的公理或定理与任何度量几何都不矛盾。实际上射影几何比任何一种度量几何都更普遍，因为它涉及到所有这三种度量几何共同具有的关系结构。因而自然就产生了这一问题：对射影几何中所使用的一般变换进行合适的专门化，是否就能表明这三种度量几何是这个普遍理论的三种特殊情况。回答是肯定的；实际上，我们对射影几何的兴趣完全是限于以一般的方式弄清楚这个回答的根据。

可以以种种可供抉择的方式为射影几何制定一组充分的公

设，这里每种方式都要采用某些词项作为基本的或不加定义的词项。我们将不对这点进行详细探讨。然而，让我们假设采纳了某一组公设，这组公设把“x 是一个点”，“y 是一条线”，“x 位于 y 上”和“x 在 w 和 z 之间”这样的表达式采纳为基本词项。这样一来借助于这些词项和公设，就可以定义其他的词项，如“面”、“三角形”、“非谐和比”；尤其是，对于那些称为“圆锥曲线”和“二次曲面”（即三维空间中像椭球这样的曲面）的点、线、面的某些结构，可以给出纯粹的射影定义。而且，虽然在射影几何学中无法区分种种熟悉的圆锥曲线（亦即区分圆、椭圆、双曲线和抛物线），但能区分实圆锥曲线和虚圆锥曲线。实圆锥曲线就是其坐标是实数的圆锥曲线，虚圆锥曲线就是其坐标只是复数的圆锥曲线。也可以证明一条任意的直线将与一条圆锥曲线相交于两点，不论该圆锥曲线是实的还是虚的。

让我们仅限于平面射影几何学，并规定（在一个平面上）一条既定的圆锥曲线（称为“绝对”圆锥曲线）在一切射影变换下（亦即在一切齐次线性变换下）都仍然保持不变。这就是说，在这条圆锥曲线上的点必须被变换成为在该曲线上的点。而且，设 x_1、x_2 是一条直线上的两个点的坐标，该直线与这条绝对圆锥曲线相交于坐标分别为 a 和 b 的两点。那么，这 4 个点的非谐和比在射影变换下是不变的。最后，让我们把 x_1 和 x_2 之间的“距离”定义为某一常数 R 和这个非谐和比的对数之积。可以证明这样定义的距离具有一般所理解的距离的加和性质。例如，如果 A、B、C 是在一条直线上的任意三点，且 B 位于其他两点之间，那么在 A、C 之间投影定义的距离等于在 A、B 和 B、C 之间这样的距离之和。以类似的方式可以定义两条直线所形成的角度的量值。

最后，我们回到这种射影研究方法的主要成果。距离和角

度当以射影的方式来加以定义时，其度量满足三种度量几何的无论哪一个要求，具体满足哪个要求取决于被视为绝对曲线的那条圆锥曲线的特性。如果这条绝对圆锥曲线是虚的，其几何学便是黎曼几何；如果它是虚的且退化为一对虚线，那么其几何学是欧氏几何；如果它是实的，那么其几何学便是罗巴切夫斯基几何。因此，的确可以把这三种度量几何看作是一门广泛的射影几何的特殊化，这样这些度量几何之间的差异可以认为是由不同的距离定义导致的。①

2. 至此我们已经描述了这三种度量几何的一些显著特点，但是对于它们之间的关系则所述甚少。乍看好像在这点上勿需说些什么，因为这三种系统相互之间是不相容的，这就是它们之间的关系所在。但实际上情况比较复杂，需要进行更充分的讨论。

a. 首先我们必须明白这三种度量几何学在什么意义上是相互间不相容的。设纯欧氏几何的基本词项是 P_1^E、P_2^E、…，P_5^E（亦即，“点”、“线”、“面”、“位于……之上”、“在……之间”），由这些基本词项可以定义无数进一步的词项 D_1^E、D_2^E、…。类似地，设纯罗巴切夫斯基几何的基本词项和定义词项分别为 P_1^L、P_2^L、…，和 D_1^L、D_2^L、…。又类似地，设纯黎曼几何的词项是 P_1^R、P_2^R…，以及 D_1^R、D_2^R、…。我们把这三个系统具有同样下标的基本词项称为

① 对射影研究方法的充分论述，参见F·克莱因：《非欧几何学讲座》，柏林，1928年。就对非欧几何的射影探讨而论，有一点尤其值得注意。在这三种度量几何的每一个中，定义距离和角度度量的射影公式都具有同样的代数形式。这些公式因此使我们能够这样来确立起一门几何学的陈述和其他每一个几何学的陈述之间的一一对应关系，结果在一个系统的陈述之间的演绎关系就与其他每个系统的相应陈述之间的演绎关系一模一样。这样一个系统（如欧氏几何）的一致性（或不一致性）就传递给了其他每个系统的一致性（或不一致性）。这种射影探讨因而解释了第二种确立一致性的方法，这种方法在（原书）236页提到过。

"对应"基元。并且假设每个系统中的定义词项是根据相应系统的基本词项以类似的方式加以定义的。①

现在我们假设 E 的一个公理即 A_1^E 是这一陈述形式:如果 x 是 P_1^E,y 是 P_2^E,那么恰好存在一个是 P_2^E 的 z 以致于 z 位于 x 之上,而且具有与 y 的关系 D_1^E。另一方面,公理 A_1^L 是这一陈述形式:如果 x 是一个 P_1^L,y 是一个 P_2^L,那么恰好存在着两个是 P_2^L 的 z 以致于每个 z 位于 x 之上,且具有与 y 的关系 D_1^L。进一步说,R 的公理 A_1^R 是这一陈述形式:如果 x 是一个 P_1^R,y 是一个 P_2^R,那么不存在任何是 P_2^R 的 z 以致于 z 位于 x 之上,且具有与 y 的关系 D_1^R。通过考查这三个公设的形式结构,就可以看出,如果把同样的解释赋予这三个系统中的对应词项,那么一个解释不可能满足这三个系统中两个以上(含两个)的系统。

更一般地说,令 S_1 和 S_2 是任意两个公设系统,并且使一个系统的基本词项和定义词项以某种一一对应的方式对应于另一个系统的基本词项和定义词项。现在若 S_1 的一个公设 A 或定理 T 形式上不相容于 S_2 的一个公设 A' 或定理 T',则不能把任何以同样的方式解释了对应词项的真解释赋予这两个系统。

b. 然而,有必要指出,只是在把同样的解释赋予对应词项这一限制条件下,三种纯度量几何才是不相容的。如果对对应词项提供不同的解释,或者如果把同样的解释赋予非对应的词项,那么这三个系统并不一定不相容。

在把这个观察应用于三种度量几何之前,让我们只是联系着欧氏几何来应用它。众所周知,欧几里德几何有几套可供选

---

① 由此,假设把"x 具有与 y 的关系 D_1^E"定义为"x 和 y 都是 P_2^E;并且存在一个是 P_3^E 的 v 以致于 x 和 y 都在 v 上;不存在任何是 P_1^E 的 ω 以致于 ω 在 x 和 y 上。"这样,"D_1^E"是以类似于通常定义"平行"的方式来定义的。

择的公设，每一套公设都采用不同的词项作为基本词项。例如，维布伦给出的公设（称之为 E_V）是借助于"点"、"在……之上"、"迭合"这样的基本词项来表述的。另一方面，亨廷顿给出的公设（称之为 E_H）是用"球"、"包涵"这样的基本词项来表述的。[①]然而，即使 E_V 和 E_H 的公设和基本词项不同，但根据这些可供抉择的基础发展起来的两个系统在逻辑上是等价的，因而它们是同一个几何系统的基础。结果，在 E_V 中就可以定义某些词项"球 $_V$"和"包涵 $_V$"，它们与 E_H 中的词项"球$_H$"和"包涵$_H$"具有同样的形式原理；反过来，对在 E_V 中能够加以定义的某些词项也有类似的结果。因此，当一个合适的对应在 E_V 的词项和 E_H 的词项之间建立起来时，就可以从一套公设中推导出另一套公设。另一方面，如果使 E_V 的词项"点"对应于比如说 E_H 的词项"球"，那么这两个系统就不仅不是等价的，而且相反是不相容的。显然，这样一来，两个纯几何系统是否相容的问题取决于在它们各自的词项之间建立对应的方式。

让我们回到三种度量几何上来。其实只考虑其中两个就够了，如欧几里德系统和黎曼系统。我们已经表明，通过赋予黎曼几何的基本词项一个解释，该解释把它的公设转变为欧几里德球面几何的定理，则黎曼几何就像欧几里德几何一样一致。然而，让我们问，根据前一段中进行的讨论，我们通过给出这个解释而做了些什么？按照它们的惯常表述，欧几里德纯几何学和黎曼纯几何学都包含"直线"这个词项，虽然这个词可以与某些形象相联系，但它在这两种纯几何中是作为一个不加解释的词项发挥作用

① 参见 E·V·亨廷顿："抽象几何的一套公设"，载《数学年鉴》，第 73 卷（1919 年），第 522—529 页。亨廷顿的第一公设是：如果 x、y、z 是球，又如果 x 被包涵于 y 中，y 被包涵于 z 中，那么 x 被包涵于 z 中。这样就不可能用一种解释维布伦的"x 位于 y 上"这一关系的方式来解释"包涵"关系，因为前者不具有传递性。

的。实际上，欧几里德公理规定为直线的这种东西的形式性质很不同于黎曼直线的形式性质。这样，如果把欧氏系统中的“直线”和黎曼系统中的“直线”看作要给予其以同样解释的对应词项，那么逻辑上就不可能给予它们一个都满足这两个系统的解释。因此，黎曼系统的一致性之所以被确认，显然不是通过把“直线 E”和“直线 R”看作这两个系统的对应词项，而是通过在欧氏系统中找到与“直线 R”相对应的某个别的词项（亦即，“在一个球面上的大圆弧”）。

一旦抓住了这一点，那么就很清楚，在证明黎曼公设的一致性时，说该证明在于提出一个能产生一个有效的欧几里德定理的几何解释，这并不是恰当地阐述这个证明的本质之处。因为这个证明归根结底是取决于借助欧几里德系统的基本词项来定义一个词项，以使让这个词项在欧几里德系统当中具有“直线”在黎曼系统中所具有的同样的形式性质。这样就可以以一种纯粹形式的方式来阐明对黎曼几何的一致性的论证。这个论证表明，若给出任何具有某一逻辑结构（黎曼系统的基本词项正是进入这一结构之中）的黎曼公设，在欧几里德系统中就可以找到一个陈述形式，它具有与该黎曼公设一样的逻辑结构，但进入这一结构之中的，要么是欧氏系统的基本词项，要么是它的定义词项。由此立即推导出，如果把一个共同的解释赋予在这两个系统中以这种方式相对应的词项，那么把欧几里德公设转变成为真陈述的一个解释，也将自动地把黎曼公设转变成为真陈述。

c. 然而，显然也能把这个程序颠倒过来，即可以对欧几里德公设提供一个解释，该解释将把这些公设转变为黎曼定理。在这个颠倒过来的程序中，“直线”这个欧几里德词项当然就不与黎曼的“直线”相对应了，因为如果是这样，那么欧氏定理“一个三角形的内角和等于两个直角”就会转变为貌似可靠的黎曼

表达式，而这个表达式其实与黎曼公设是不相容的。不过，虽然不可能有内角和(当由测量角度的黎曼规则来定义时)等于两个直角的黎曼三角形，但是有其他的黎曼图形，它们是由那些不是黎曼直线的线围成的，并且确实具有这个内角和。

由此得知欧几里德纯粹几何和黎曼纯粹几何并非“内在地”不相容。相反，在如下意义上，它们可以在形式上相互转化。令 S_1 和 S_2 是两个演绎系统。第一个系统使用 p 个基本词项：P^1_1、P^1_2、…、P^1_p，第二个系统使用 q 个基本词项：P^2_1、P^2_2、…、P^2_q，这里 p 可以不等于 q。此外，第一个系统基于 m 个公设：$A^1_1(P^1_1、P^1_2、…、P^1_p)$、…，$A^1_m(P^1_1、P^1_2、…，P^1_m)$，而第二个系统基于 n 个公设：$A^2_1(P^2_1、P^2_2、…、P^2_q)$、…，$A^2_n(P^2_1、P^2_2、…、P^2_q)$，这里 m 又可以不等于 n。又假设，有可能在 S_2 中定义一套词项 D^2_1、…、D^2_p，以致于可以从 S_2 的公设中推导出陈述形式 $A^1_1(D^2_1、…、D^2_p)$、…，$A^1_m(D^2_1、…、D^2_p)$；最终，假设有可能在 S_1 中定义一套词项 D^1_1、…、D^1_q，以致于可以从 S_1 的公设中推导出陈述形式 $A^2_1(D^1_1、…、D^1_q)$、…、$A^2_n(D^1_1、…、D^1_q)$。在这些假定下，可以说两个系统 S_1 和 S_2 是“形式上可相互转化的”。① 因此，在这个意义上，不仅欧氏几何和黎曼几何在形式上可相互转化，而且欧氏几何和罗巴切夫斯基几何也可以在形式上相互转化。

d. 这个结论实际上得到了我们为发展非欧几何而概述的诸种可能方式的例证。这样，按照曲率和短程线的概念进行的探讨表明，三种几何学之间的差别只是度量上的差别，于是，这三个系统的表面上的不相容性是对空间数量的测量采取不同的

① 在这整个讨论中，当然要假定在进行推导时采用的逻辑规则在 S_1 和 S_2 中都是相同的。

规则或度量的结果。按照射影几何进行的探讨强化了这一点，并且向我们提供了实际转化的准则，使我们由此能够建立起把一个系统转化为另一个系统的三种系统的词项之间的对应。

因此我们可以推断说，我们所考虑的这三种纯粹几何系统之间的差别不过是记法上的差别。它们是以不同的方式整理同一事物，或者以同样的方式整理不同事物的三个系统。因而这三个系统都采用了"三角形"这个词项。然而，根据其中一个系统的要求而被正确地称为三角形的东西，在另一个系统中是由不同的词项来正确地称呼的；另一方面，在一个系统的框架内被正确地描述为三角形的东西，就不是在其他的系统中那被正确地描述为三角形的东西了。因此一定可以把这三个系统看作是采用诸如"三角形"、"圆"、"距离"此类的词项的可能的规则系统。

但如果这就是我们讨论的结果，那么难道它不是一个毫无价值的结果，难道它不是表明非欧纯粹几何是没有科学价值的吗？对这个质疑的这两个部分的回答都是否定的。为熟悉的几何术语构造种种可供取舍的"语法"或用法系统，这使我们能够从不同的角度来分析和组织空间关系。而且，这种可能性不仅已成为发展我们对物体间的种种空间结构的知识的基础，而且也为发展更广泛更统一的物理学理论提供了重要的概念框架。我们现在将考察(尽管只是概括性地)这种更统一的物理学理论是怎样建立在非欧测量系统的基础之上的。

二、几何学的选择

按照先前的讨论，我们可以假设我们至少能得到三个可能的纯粹几何系统。每一个这样的系统，当按照物理对象的某些

特点和行为来合适地加以解释时,都可以充当一个空间测量理论。[①] 我们如何在这些抉择之间进行选择呢? 什么是我们采纳一个系统而不是另一个系统的根据呢?

应该明白这个问题包含了两个不同的问题。由于纯粹几何的这三种主要类型可以相互转化,因此,没有哪一个把一个系统的陈述形式转变为真陈述的解释不能同样地适用于其他两个系统。以这种方式得到的三个陈述系统之间的唯一差异便是,同样的事实得到了不同的表述。因此,如果认为这个问题是指"给出物体的某一类空间性质和空间关系,我们将用哪一种语言来表述它们? 选择一种语言而不是另一种语言的根据是什么",那么回答是明显的,就被整理和预言的经验事实而言,我们必须回答说,"采用哪种语言无关大局。然而,也许出于一些理由,我们会发现一种语言比另一种语言更方便。例如,我们会发现欧几里德语言在心理上比其他语言更简单,但愿只是因为我们更习惯于这种语言。而且,我们会发现我们往往偏爱物体的某一些而不是另一些空间特性,会发现在欧几里德语言中,对前者的分析表述与在非欧系统中对它们的表述相比,更经济、涉及到更少的运算。总之,采纳一种几何学而不是另一种几何学的理由,不是在物体的空间结构或物理结构中发现的,而是在一个分析和记法系统比别的系统所具有的更大的实际优点中发现的。"

上述问题如果是以这种方式来理解和回答,则它就是科学哲学中称为"约定主义"的一个方面,亨利·彭加勒就是这种约定主义的强有力的代言人;我们将考查他的观点。然而,上述问题也在一种略有不同的意义上得到理解,结果对它的回答就采取

---

① 这些可能的抉择不仅包括我们所讨论的这三种度量几何,而且也包括那些采取了可变曲率的度量几何。为了简单起见,我们主要关心前者。

了一个不同的转向。假设我们关心边、表面、容积等等，我们决定把它们称为"直线"、"平面"、"球"等等。进一步假设已经以这样一种方式确立起这三种纯粹几何的题材词项之间的一一对应，结果，当以纯粹几何的对应词项来代替这些已经有新意义的表达式如"直线"、"平面"、"球"等等时，结果得到的三个陈述系统就是互不相容的。现在可以认为上述问题是指"由于可供抉择的应用几何不可能都是真的，这样，有办法在它们之中做出选择吗？有没有一些立足于经验事实的考虑使我们非采纳一个系统不可呢？"如果这样来分析这一问题，那么这个问题就不像我们先前对它的解释那样允许有一个现成的回答。我们必须讨论该问题的这一经过改变的含义所引起的一些复杂问题。

1. 乍看，三个应用几何系统哪一个是真的这一问题似乎完全可以根据经验事实来判定。不过，正如已指出的那样，这个问题由于如下情形而变得复杂起来，即，只有当预先制定了两个程序时，才能有意义地讨论一个几何学的经验真理。第一，首先必须借助于那些可以独立于可供抉择的几何系统来指定的构造规则或鉴定规则，以对种种称为"直线"、"平面"等等的对象进行构造或鉴定。这一点如果做不到，那要么就没有以资经验方法来研究的题材，要么这种题材是由通过初始规定而满足三种几何学中的无论哪一个的图形构成的。第二，为了进行空间测量，必须详细指定一个明显的经验程序，以便能够制定规则来定义什么物体才算得上是"刚性的"。这一点如果做不到，那么就不可能把数值赋予空间数量，因而也就不可能在实验上检验任何应用度量几何学。前一章对这两个要求已经有所述及，但物体的刚性问题则需要引起进一步的注意。

a. 任何空间测量理论都完整地涉及到刚性的概念。当进行空间测量时，必须把物体从一个位置移动到另一个位置，或者重新调整它们的位置。因此，必须注意到这一可能性：由于种种物理影响的结果，相对空间量值（如相对长度）可能会受到改变。这样就产生了一个问题：在这个测量过程中，被采纳为标准单位长度的直尺是否会发生变形。因为如果不对这种变形采取合适的预防措施，那么被赋予空间数量的数值一般地就会依赖于进行测量的特定时间，也依赖于在构造测量仪器时所使用的特定材料。例如，如果测量是在温度不均匀的区域内进行的，那么人们发现物体所具有的几何性质就会变化，这种变化取决于测量杆是由钢制成的还是由黄铜制成的。为了避免大量令人不快的不相容的结果，为了使各组测量数值不依赖于在制造测量仪器时所使用的特殊物质，就必须做到两件事中的任何一件。要么在其整个历史中把测量仪器和它们所测量的东西保持在某些标准条件下，要么把校正因子引入通过实际测量而得到的数值中，以便抵消作用于物体上的种种变形力的影响。每个预防措施都不言而喻地涉及到刚体的概念，这种物体在理论上不受那些可能改变物体之相对长度的影响，因此按照定义它们有一个不发生变化的长度。

就此而论请注意一个根本之处。如果刚性的概念是由实验词项来指定的，但先于一个几何系统的制定，那么那些可以算得上是产生物体形变的影响，必然是可以根据它们对不同类型的物质的特异作用来识别的影响。因此，要是有一种变形“力”，它不能被甄别或隔离，但又同样地作用在一切其构成不论是什么的物体上，那么就没有什么办法靠实验来识别它的出现。例如，如果两根杆，一根是木的，一根是铁的，在一个环境中它们同样长，而在把它们搬运到靠近这样一个力的某处之后，发现它们仍

然相互迭合，那么这两条杆就不能用来在实验上鉴定这个力的出现。这种力已经被称为“普遍力”，以便区分于日常经验和实验室实践中更常见的“分异力”。我们马上就要考虑是否有理由假设这种普遍力。但同时，在建立“刚性”的定义时，这种力的可能性是可以忽略的。一个物体通常被说成是刚性的，当且仅当它孤离于一切分异力。

当然，以这种方式来定义刚性并没有什么内在的必然性。例如，当一个物体只是相对于温度变化的影响，而不是相对于湿度和机械应力的影响而被隔离出来时，就有可能把这个物体称为刚体。其实，虽然我们都很了解那些引起物体相对长度变化的物理影响，但我们并不能很确信我们已经发现了一切引起变化的原因。如果我们采取在前一段末提出的“刚性”的定义，那我们这样做是基于若干目的：为了得到一个不依赖于测量仪器的建造中所使用的专门物质的测量系统，为了以一种比较普遍的方式来表述数值定律。因此，当我们发现新的分异力类型时，我们就会修改我们的刚性标准，这样做主要就是为了获得陈述的普遍性。总之，虽然刚性的定义无疑是由实验事实暗示的，但实验事实并没有使之成为必然；对这个意义的采纳依赖于我们为了达到一定的科学目标而做出的决定。

但无论如何，在设计物理科学中的空间测量方案时，通常要从那些把物体区分开来的大量物理性质和化学性质中进行抽象。而且，这个方案是这样建立起来的，以致于那些被赋予空间量的值，按假设是通过使用理想的刚性测量仪器而获得的。这样就系统地扣除掉了可变的分异力对仪器和测量对象的影响。为了构造空间测量标度，为了处理空间测量的程序，我们实际上采纳的规则因此是基于大量的事实假定——关于在物体的表面和边缘之间可以直接观察到的迭合关系的假定，以及关于物体

的形形色色的物理性质的假定。[①] 这样最终赋予空间量的值一般来说就不是公开测量的“原数据”。需要对这些原数据进行分析，目的是为了按照假定的分异力对测量仪器和测量对象产生的影响来校正它们。因此，总的来说，根据公开测量而断言一个图形所具有的几何性质（如一个三角形有一个接近于两个直角的内角和），是按照一个假定而被断言的，那就是原则上已经排除掉由任何分异力造成的一切变形。

b. 让我们简要地回到这一问题：如何构造或鉴定那些构成几何学之题材的直线、平面和其他图形。在前一章所讨论的构

---

① 赫尔姆霍茨清楚地看到了这一点。他声称：“几何学公理不简单地是那些只涉及纯粹空间关系的原理。它们涉及到数量。但只有当人们指定了一个确定的程序，按照这个程序对数量进行比较，把它们分析为部分并测量它们，这时人们才能谈论数量。一切空间测量，一切基于空间的数量，都预设了空间形状运动的可能性，但这些空间形状的形式和数量被假定在运动下是保持不变的。这种空间形状在几何学中往往被称为几何物体、几何面、几何角和几何线，因为它们是从物质实体所显示的物理差异和化学差异中抽象出来的。刚性被假定为是它们唯一的物理性质。但恰恰是对物体的刚性，而不是对物体在旋转变化下一直保持不变的迭合关系，我们毫无标准……

“几何公理因此不仅表示空间关系，而且在同时也陈述了某种有关运动中的刚体的力学关系的东西。人们可能会把刚性的空间形状的概念看作一个超验的概念，一个不依赖于一切经验被构造出来的概念，一个并不必然与经验相对应的概念——正如物质实体的概念并不精确地对应于我们通过归纳而得到的概念。如果我们假定了这样一个理想刚性，那么康德的信徒就会把几何公理看作在超验直观中先验地给予的东西，这种东西既不能由经验证实也不能由经验反驳——因为正是按照这些先验的公理，我们才能判定一个既定的物体究竟是不是刚体。但是在那种情况下，几何学公理就不再是康德意义上的综合命题。因为这样一来它们所断言的内容就与测量时的刚体概念分析地蕴含的内容一样多，理由在于只有这样的结构才能被判断为满足几何公理的刚体。

“另一方面，如果我们用关于物体的力学性质的其他命题来补充几何学公理，譬如说，只用惯性定律，或用在其他的恒定条件下物体的力学性质和物理性质不依赖于其位置这一命题，那么由此得到的命题系统就有了真正的内容，一个要由经验来证实或反驳的内容。”——“几何公理的起源和意义”，载《学术讲谈集》，第3版，布林斯维克，1884年，第2卷，第28—30页。

造这些图形的程序只能得到一个严格有限的应用，因为它只适合于构造地球表面上的尺度适中的物理形状。那个程序显然不足以作为这样一个测量系统的基础，该系统使我们能够决定山的高度，海洋的宽度，或天文学的距离和面积的数量。因此，这个程序必须补充另外的规则，这些规则将以更广泛的方式阐明什么图形才算做直线、平面等等。

在物理学中，一个得到普遍使用的规则实际上是把直线鉴定为在均匀的光学介质中的光线路径。这个规则隐含在测量距离和角度的经纬仪和望远镜的应用中。但这个规则的采纳却使得这一问题严重地复杂化，即如何揭示在可能的几何学之间进行选择的根据。例如，明显的是“光线的路径”这一表达式是编码一个理论概念，而不是一个实验概念。我们观察照明体，不是观察光线，光线的概念是用来解释可观察的视觉事实的理论的一个部分。这样把直线等同于光线的路径的规则就是光学理论的一个部分。但是，要在实验上并且相互孤离地来检验个别的特殊假定一般来说是不可能的，实验证据往往证实或反驳作为一个整体的理论，而不是理论的某个特定成分。因此，譬如说，光是沿着欧几里德直线传播的这一假定，不可能通过实施某个所谓的判决性实验来对其进行支配。

不错，光学理论中被称为“几何几学”的这一部分是以数目相对较小的假定进行操作的，其中的一个假定就是，在均匀介质中光程的欧几里德特征起着主导作用。其实有大量的证据（其中一些是从透镜的研究中获得的）使得这个特定的假定实际上是无法避免的——至少在与几何光学相关的研究范围内。而且，在这两种东西之间存在着一定量的重叠：一种东西是按照构造刚体之直边的规则而被说成是“直线”的事物，另一种东西是按照把它们鉴定为一定光程的规则而被说成是“直线”的事物。

这样，一条线由于是以指定的方式磨平的一个面的边，因而是一条直线，则在它对应于一条视线的意义上，（在实验误差的限制内）它也是一条直线。不过，明显的是也存在着无法直接地与固体的边缘进行比较的光线，如从一颗恒星传播到地球的光线。

因此，通过对大多数光学图形进行实际测量而得到的数值（例如从一天体三角形的角和得到的数值），是对种种解释开放的。要把这些数值的那些代表"真正的"几何性质的成分从那些代表某种发生变形的物理影响之结果的成分中分离出来，并非易事。另一方面，这个困难在原则上并非不同于根据实验证据来判定光是波动过程还是粒子过程的问题。其实，把校正引入原数据中以补偿分异力的影响这是可能的。因此，在得到实验证据支持的假定的极限内，对于一定范围的天体数量来说，决定一类特定的光学图形是不是欧几里德图形，这是可行的。直到本世纪 20 年代，支持光线路径的欧几里德特征的证据似乎不可阻挡地是结论性的。甚至今天，相对短暂的光程，或者远离引力场的光程，一般都被接受为是对欧几里德要求的极好的近似。除了某些简要地指出的保留外，应用几何学是自然科学的一个分支，其真假是根据经验证据来加以判定的，这个观念看来是有充分根据的。

c. 在这点上，考虑一个异议是有教益的，这个异议恰恰就是提出来反对这一意见的，即关于测量能够确立起光学图形或其他图形是非欧图形的主张。这个异议以一个可靠的观察为其起点，那就是一切测量仪器（如米尺、比例尺、望远镜）都是这样构造出来的，结果、它们的相关部分似乎很符合欧氏几何学，而且这些仪器是在把欧氏几何学视为理所当然的一个理论假定框架（如几何光学）内得到使用的。但若是这样，这个异议就会说，假设通过这些仪器得到的数值能够充当任何物理构形的非欧特

征的可能证据，这就是在自相反驳。[1]

但实际上这个异议所针对的假设中并没有什么不一致的东西。表面上看，当用一个其几何学按假设是欧氏几何的仪器来测量某个其他构形的空间量时，它得出了这样的数值，以致于这个其他图形被证明具有一个非欧结构，在这种看法中并没有什么矛盾的东西。而且，虽然这三种度量几何在其基本词项的一个特定解释上在形式上可能是不相容的，但是，对于尺度"相对较小"的图形，它们所断言的内容之间的偏差，实际上远远低于经验检测的阈限。例如，我们已经指出，一个物理三角形的内角和是小于，等于还是大于两个直角，是随着该图形是罗巴切夫斯基三角形、欧几里德三角形还是黎曼三角形而定的，而且这个角和的亏值或过剩值正比于该图形的面积。然而，如果这个三角形不是太大，那么理论亏值或过剩值可能就是如此之小，以致于实际的测量可能发觉不了对零的重大偏差。因此，甚至在我们不考虑有关发生变形的力对该三角形的可能作用的问题时，对一个充分小的三角形的实际测量将无法决定它是一个非欧图形还是一个欧几里德图形。总之，只有当一个图形具有相当大的天文尺度上，实际的测量才能辨别它所属的几何学类型。

这样，虽然可以根据实验数据来正确地判断一个特定的仪器(如一把米尺)具有一个欧几里德结构，但由于这个仪器的小尺度，这个证据也完全相容于其结构是非欧的假定。另一方面，对大尺度的图形的进一步的研究则会得出难以与这些大图形是欧氏图形的假设相调和的数据。这样就可以修改原先断言这个测量仪器具有欧几里德结构的假定，但又不致怀疑那个假定起先立足的经验数据。因此，更一般地，可以正确地把一个仪器看

---

① 参见雨果·丁格勒：《实验》，慕尼黑，1928 年，第 86 页以下。

作是对欧几里德标准的第一级的良好近似,但也可以根据更广泛的证据和理论一致性要求认为它具有一个非欧结构。总之,假设我们的测量仪器虽然是按照欧几里德的技术要求来制造的,但通过测量可能会发现它是非欧几何的,这并没有什么自相矛盾之处。

2. 最后我们必须考察这一观点:一个应用几何系统不过是对空间关系进行测量的一套"隐含定义"或"约定",而不是一门经验科学。这个观点尤其是得到了亨利·彭加勒的有力论证,彭加勒实际上提出了这个更广泛的论点:物理学的大多数(若不是一切的话)一般"原理"(如惯性原理)都是"约定"。① 我们将讨论彭加勒的观点,虽然只是就这些观点明确地涉及到几何学而论,但是由此得到的分析和结论却可以不经本质的修改推广到这一约定主义论点的更普遍的形式。

a. 由于他没有明确地区分应用几何和纯粹几何,彭加勒对几何学的定义性地位的论证便不免有些含糊。而且,他也假定几何学(大概是纯粹几何学)的题材是一种理想"空间",理所当然地,在这种理想空间上进行实验是不可能的;还不能确定彭加勒所说的理想空间是不是意味着纯粹几何陈述是按照"极限"概念(如无宽度的线和数学上连续的曲线)来表述的。不管怎样,他认为,由于各种可能的纯粹度量几何可以相互转化,因为我们可以任意选择其中的一个作为编码空间关系的一种方式,这样我们的选择不过是在命名空间关系的二者择一的约定之间进行选择。彭加勒宣称:

---

① H·彭加勒:《科学的基础》,纽约,1921年;《科学和假设》,第2部分;《科学的价值》,第3、4章(中译本由李醒民译,华夏出版社出版)。

在空间中，我们知道其角和等于两个直角的三角形；但同样我们也知道其角和小于两个直角的三角形。一种图形的存在并不比另一种的存在更值得怀疑。把第一个图形的边称为直线是采纳欧几里德几何学；把第二个图形的边称为直线是采纳非欧几何学。因此，问采纳什么几何学是适当的，难道不就是问把什么线称为直线是适当的吗？[1]

彭加勒的这一部分论证不过是声称：构成二个纯粹几何系统的三个陈述形式系统在形式上是可相互转化的。他通过这个论证只是确立了这一论点：在表述一个纯粹几何系统时，记号的选择就是一种约定。我们已经认识到，如果这样来理解，那么这个约定主义的论点无疑是正确的。

但彭加勒也对应用几何学以及纯粹几何学的定义性地位进行了论证。他认为，甚至当把一个解释赋予一个纯粹几何的基本词项，以致于这样一来这个系统就转变成为关于某些物理形状的陈述时（如把"直线"解释为代表光线的路径），还是没有任何一个在物理几何学上进行的实验能决定反对这些二者择一的物理几何学系统中的一个，而支持另一个。但是他提出来支持这个主张的理由远远不清楚。

在彭加勒的著述中，支持物理几何学论点的理由有时好像就等同于支持纯粹几何学论点的理由。"某些现象，在欧几里德空间中是可能的，但在非欧空间中将是不可能的，这样，在确立这些现象时，经验就会直接地与非欧假说发生矛盾，"他问道：

---

[1] 同上，第235页。

"这种看法是站得住脚的吗?"然而,在彭加勒看来,这个问题恰恰等价于这个质疑:"存在着这样的长度吗——它们可以用米和厘米来表示,但是不能用英寻、英寸和英尺来测度,这样在确定这些长度的存在时,经验就会与如下假说发生直接冲突,那就是存在着6英尺的英寻?"[1] 彭加勒的回答是,在这两个问题中设想的假设显然都是荒谬的,"不可能想象一个具体的实验,它能够在这个欧几里德系统中得到解释",但不能在一个非欧系统中得到解释。

另一方面,彭加勒有时好像使他关于物理几何学的主张立足于不同的考虑。他有时注意到了对一个复杂的理论体系中的单个成分提出一个判决性的实验检验的困难,如果说不是不可能性的话。譬如,他宣称,如果天文学家发现一些恒星有负视差(这是一个与欧氏几何学明显不相容但却符合黎曼几何的事态),那么就有两条对我们开放的路线:"我们要么放弃欧氏几何学,不然就修改光学定律,并假设光并不严格地沿直线传播。"彭加勒认为大家就会把第二种抉择看作"更有利的抉择"。因此,在他看来,在各种可能的几何学之间的决断并不是根据有关其真假的证据作出的;一个决断必定依赖于一些有关这些几何学的方便性和简单性的考虑。因而他推断说:"欧几里德几何学现在是而且将来仍然是最方便的,"因为它有较大的简单性,并且普遍良好地符合天然固体的性质。[2]

b. 彭加勒的论证具有多大的结论性呢?如果把纯粹几何用作一个隐含定义系统,以致为它为空间关系的分类提供系统性的安排和命名,那么在面对一切的实验发现时都能保持这个

---

① 同上,第81—82页。

② 同上,第65页。

系统，当彭加勒持有这一看法时，他无疑是正确的。就其本质来说，不能把隐含定义刻划为非真即假的；认为必须以一种特殊的方式来评价隐含定义，而这种方式必定不是通过诉诸那些关于物体的空间性质的实验事实，在这点上彭加勒也是对的。不过，这个可靠的要点不是彭加勒对几何学地位的分析所提出和解决的唯一问题。还有一个根本的问题，即，一旦把一个解释赋予一门纯粹几何的基本词项，使其成为一个物理几何系统，那么，这个系统是否还只是一个"隐藏起来的定义"呢？彭加勒没有始终如一地把这个问题与纯粹几何学的地位问题区分开来，因此他对物理几何学的讨论留下了许多值得向往的东西。

在评判彭加勒的约定主义的几何学哲学时，爱因斯坦注意到，虽然在自然情况下来看待时，彭加勒是对的，但在实际历史的透视中，彭加勒的分析必定是有限制的；爱因斯坦也注意到，一门物理几何学实际上的确需要按照经验证据来评价。[①] 现在我们必须概述性地表明何以这种限制是需要的，何以当彭加勒认为欧氏几何绝不会被放弃时，他既没有得到逻辑的支持，又没有得到历史的支持。

让我们设想一位欧氏几何学的不屈不挠的捍卫者，让我们考虑他要不惜一切地坚守欧氏几何学而将付出的代价。由于他想捍卫的欧氏几何学是作为一门应用几何学或物理几何学的欧氏几何学，这样他就会构造或发现在实验误差的限制内满足欧几里德要求的物理形状。假设当他在处理适度尺寸的物体时在这点上并没有遇到麻烦；但假设为了测量天文尺度的图形，他采纳了光线的路径是欧几里德直线这一假说。然而，让我们假定，尺度很大的光学三角形不能一致地满足欧几里德期望，譬如说，

---

① 阿尔伯特·爱因斯坦：《几何学与经验》，柏林，1921年，第8页。

因为这种三角形的内角和总是大于两个直角。这位欧氏几何的捍卫者当然不会为此理由而放弃欧氏几何，但无疑他要努力解释这一偏差。只要认为这个天体三角形的各边并不真正地是欧几里德直线，他就能够说明这个偏差，因此他会采纳这个假说：光的路径受某些力场而变形。其实他可以得到分异力存在的证据，而正是分异力的这种可以鉴定的出现说明了光线偏离直线路径，后者符合公认的物理光学理论。

然而，假设这位欧几里德的捍卫者并没有成功地确定分异力的力场之所在。由于他在其信念上坚贞不屈，他仍然不会放弃欧几里德几何。但是情况已有所变化，在这种变化了的情形中，他会假设在一切物体和一切光线中产生同样变形的力，不管那些物体的构成是什么，也不管那些光线的波长或振幅是多少、简单地说，为了说明这个天体三角形的测量到的内角和与欧几里德内角和之间的偏差，他将假定**普遍力**的存在。然而，他所具有的相信这种力存在的唯一理由不过是这一事实：要是设定了这种力，就可以说明业已指出的这种偏差。因此，起先那种不惜一切地保留欧氏几何学的决心便产生了一个可能的结果，那就是：在明确地表述合适的物理理论时，必须假设普遍力。另一方面，如果要排除引入这种力，大概是基于某个方法论规则的根据，那么，在我们已设想的这种情况下，这位欧几里德的捍卫者就不得不放弃欧氏几何学，而偏爱于对它的取舍之一。[①]

我们可以用另一种方式来陈述这个结果。我们能够发现或

---

① 在其《空间和时间的哲学》（柏林，1928年；英文版，纽约，1958年）中，汉斯·赖欣巴赫更清澈明了地使用了“普遍力”和“分异力”的区分。然而，这个区分和术语都年代较老。F·A·林德曼在石里克的《当代物理学中的空间和时间》的英译本导论中使用了这一区分，这个区分也隐含在赫尔姆霍茨的著作中（例如，第305页注①所引用的论文中）。

构造其空间性质很接近欧几里德要求的刚体，这是一个实验事实。然而，这样的物体应具有适度的尺寸，它们的刚性是按照它们能从分异力的影响中隔离出来而加以定义的。让我们假设，在实验误差的限制内，没有任何在自然界中出现的大尺度的图形遵从欧氏几何学，让我们进一步假设，按照分异力的作用来说明这一事态的一切尝试始终都没有取得成功。这样仍有可能对大尺度的图形保留欧氏几何学，但需设定普遍力以说明在这种图形中的，恰好阻止它们显示欧几里德几何性质的系统"变形"。不过，普遍力具有一个奇妙的特点，即它们的出现只能根据几何考虑来认识，假定普遍力因而就带来了一个特设性假说，这个假说只是为了拯救欧几里德几何学才采取的[①]。其实，为了拯救欧氏几何学而必须归因于普遍力的物体的"变形"，具有显著的几何特征，而不是物理特征。即使把一切的分异力都排除掉，变形仍然存留着；这些变形被解释为物体的"天然"形状和空间尺度上的"变化"，不过是因为现在暗中使用的刚性标准是为这样一个物体所具有——该物体恰好具有欧几里德所规定的几何性质。

不管怎样，即使我们为了保留欧氏几何学而承认普遍力，这样，如果我们只是把欧几里德要求和物体的实际几何性质之间的差异命名为"由普遍力产生的变形"，那么我们不会获得我们的科学目标。因为如果我们想预言和说明物体的实际几何性质，我们就必须把普遍力假定结合进入物理理论的其余部分，而不是在各个观察到的物体"变形"之后才逐一地引入普遍力。但

---

① 不要把"普遍力"看作是一个"无意义的"短语，因为明显的是它指明了一种确定这种力是否存在的方法。其实，牛顿力学理论中的万有引力就是这样一种普遍力；它同样地作用在一切物体上，不能被掩蔽起来。

这一点根本就不是自明的，即总是可以这样来设计物理理论，以便已在其中插入了对普遍力的规定。而且，即使有可能做到这一点，也推不出由此得到的整个物理学理论体系——即使是在“简单的”欧氏几何框架内表述的——就必然比基于一个“不太简单”的非欧几何的整个物理学体系“更简单”、“更方便”。因此，当彭加勒认为选择欧氏几何学而不是其对手的唯一考虑便是它的所谓的较大“简单性”时，正在忽视一些极其重要的东西。其实，随后的物理学史证明了彭加勒的疏忽。广义相对论是在一种黎曼几何的框架内得到表述的，但广义相对论已抛弃了欧氏几何学，这是因为，与把欧氏几何学用来作为表达经典力学的基础相比，抛弃欧氏几何能使广义相对论获得一个更“简单”、更有包容性的力学理论。

3. 在一系列简洁的结论中来总结我们对几何学地位的讨论，这将是有益的。

a. 当按照公开的实验程序来合适地定义刚性、平面、直线和空间迭合等等的概念时，可以构造其空间性质实际上比较符合欧几里德要求的合适尺度的刚体。因此，对于一类范围宽广的物体来说，几何学是一门实验科学，是基础力学的一个分支。虽然这个对象领域并没有穷尽几何学的实际应用范围，但它仍然是一个重要的领域。它包括在日常生活事务中，在工程技术中所进行的空间测量的一大部分；它也包括科学仪器的建造——这些仪器的刻度要求某种空间测量。而且，由于大大小小的距离、面积和体积（其中许多离地球非常遥远）的测量基本上依赖于这些仪器的使用，因此该领域——几何学在这个领域中是一门实验科学——比几何学理论的其他应用领域具有一种明显的优先性。

然而，在这个领域中，不存在在诸可供抉择的度量几何学之间进行选择的有效余地。因为在由这些取舍所指定的几何量之理论值之间的差异，在尺寸适度的图形的情形中，太微小因而不允许对它们进行实验辨别。在这个对象领域中，如果被接受为真的是欧氏几何学而不是它的对手之一，那么它被接受部分地是出于这一历史原因，即它是第一个被发展起来的几何系统，部分地是出于看起来它比它的取舍在心理上更简单些。

b．不过，还有一些几何学的应用领域，在这些领域中，按照规定的实验规则来构造物理图形不是我们力所能及的。譬如说，在这些领域中，某些图形是欧几里德图形这个假定，就是一个无法直接地或决定性地加以检验的假说。相反，必须把这些几何假说处理为一个复杂的物理理论的成分；无法孤离于其他的物理假定来检验它们。因此，一个特定的几何学对这个领域中的对象是否适用，这个决断通常是受诸种理论的整体的合适性支配的，而这个几何学是作为一个成分进入这些理论之中的。

不过，这个决断实际上并不是任意的，它很大程度上取决于经验考虑。不错，在面对看似不相容的经验证据时，通过合适地修改物理理论的其他部分，在某种抽象的意义上就有可能保留一个特定的几何学。然而，这种必要的改变可能需要引入特设性假定，而这些假定并不适合于系统地并入物理学的其余部分。因此，对一个特定的几何学的不可动摇的承诺就可能变成发展一个更广泛更统一的物理学体系的障碍。

c．可以适当地把一门几何学看作一套约定，这的确有一些不置可否的道理。当一门几何学充当一个隐含定义体系，而确定诸如"平面"、"直线"此类的熟悉词项的用法和可允许的应用范围时，它就是一套约定。而且，由于这三种可能的度量几何可以在形式上相互转化，因此凡是在其中的一个几何系统中可以

表示的东西，也可以在其他两个系统的任何一个中得到表示，虽然是以不同的词项来表示的。这样，没有一个可能的实验能够提供证据表明，作为表述一个空间测量理论的工具，一个这样的理论不及另一个理论能干。当以这种方式来使用一个几何学时，它的约定的地位因而主要是一种记号约定主义。

另一方面，这种记号性的约定的采纳蕴含了一种空间分析方式，只要我们去追究这种分析方式是否得出了几何关系的这种表述，它们能够充当充分广泛且易于处理的物理理论的基础，就会出现一种不同级别的问题。这些问题不是通过设立约定就能解决的，而是需要考虑经验事实问题。

三、几何学和相对论

在牛顿力学中，物体运动的合适参考系是绝对空间，欧几里德几何学被用作空间测度的理论。我们已经指出，牛顿的绝对空间概念受到重重困难的困扰，经验证据不要求把绝对空间采纳为运动分析的参考系。而且，现在我们也熟悉了对欧氏几何学的取舍，这样我们就不必像牛顿那样，不得不把欧氏几何学视为力学理论的唯一基础。然而，爱因斯坦的广义相对论的一个显著特点是，在发展对物体运动的分析时，它勿需再采用绝对空间和欧氏几何学。如果我们再简要地考察一下，不利用那些在牛顿理论占据着如此中心的地位的假定，相对论力学是以什么方式获得其目标的，那么我们就圆满地结束了我们对牛顿理论和几何学的逻辑地位的讨论。

由爱因斯坦发展出来的这个称为“相对论”的力学系统，在某些方面是不幸的，因为就这个理论的实际意义而论，它无疑导致了许多错误的印象。可是，爱因斯坦成功地以这样一种方式

表述了一个力学理论，其结果是使该理论的运动方程在一类更广泛的参考系中是不变的，这与牛顿理论中的运动方程颇为不同。请回想一下，经典运动方程对于那些参考惯性参考系或伽利略参考系的运动是有效的，当运动以相互间保持匀速运动的一组参考系中的任何一个为参考系时，经典运动方程仍保留其形式。然而，当使用非惯性参考系时，也就是，用牛顿的语言来说，当使用一个相对于绝对空间加速运动的参考系时，牛顿方程并没有对运动提供一个令人满意的分析。这样，按照牛顿理论，就有一类特许的参考系，在这种参考系上，运动方程是不变的。另一方面，爱因斯坦广义相对论的独特成就就是，它没有把这种特许的地位赋予任何一类参考系，这样物体的运动可以参考一个任意选定的空间坐标系。在一切连续可微的变换下，相对论的基本运动方程是不变的，而这类变换就确立了不同参考系的坐标之间的关联。

这里我们不关心爱因斯坦的成就的那些困难的技术细节，我们可以简明扼要地指出相对论的主要特点。爱因斯坦以两个步骤达到了他的理论。在狭义相对论中，他推广了伽利略—牛顿不变性原理，其结果是，这个原理不仅由力学方程所满足，而且也由麦克斯韦的电动力学方程所满足。由于这一目的，他仔细地分析了在物理学中制定空间测量和时间测量的条件，他表明那些被赋予长度和时间间隔的量本质上依赖于物体相对运动的状态。爱因斯坦推断说，根据这一假定——在进行空间测量和时间测量时使用了光信号，以及光速不依赖于其光源的速度——如果一个物体以均匀的速度正相对于一个参考系 S 运动，那么在 S 中测量到的该物体的长度和时间间隔是这个相对速度的某一函数。爱因斯坦的分析要求修改牛顿的一个假定，即，一个物体的质量不依赖于它相对于一个系统的速度（而正是在这

个系统中其质量被测定)，因此在牛顿运动方程中必须进行重大修改。狭义相对论的净收入是，在一切惯性参考系中，经过修正的运动方程，以及麦克斯韦场方程，都是不变的。

然而，在表述力学和电动力学的方程时，狭义相对论还是赋予一类特殊的参考系以特许的地位。这对爱因斯坦来说似乎是反常的，因为在运动学上(亦即，当分析物体位置的变化时，不诉诸任何力作为这种变化的决定因素)，一切运动都是相对的。因此，爱因斯坦着手发展一个动力学理论，这个理论将摆脱这一局限，并且无论采用什么参考系来分析物体的运动，它的基本方程都会保留其形式。[1]

爱因斯坦以牛顿力学中两种质量的区分为其起点：这就是惯性质量和引力质量，前者与一个物体对其速度变化的抵抗相联系，后者与一个物体在引力场中的行为相联系，这个引力质量一般称为物体的重量。可是，虽然有这种理论上的差异，实验却表明一个物体的惯性质量和引力质量的数值量度是相同的。牛顿理论没有说明这个等价性。爱因斯坦不满足于把它留作一个蛮横的偶然事实，他试图说明这个等价性。按照爱因斯坦的解释，这个等价性意味着：一个物体并不具有两种不同的质量，但一个物体在某些条件下显示为惯性的性质在其他的条件下则显示为重量。把这个解释作为他的新理论的一个基本公设，爱因斯坦表明一个引力场(假使它在范围上并不太大)怎么总是能够被分析为一个惯性场。因此，在牛顿理论根据这一假定——一个物体处于第二个物体的引力场中(或被第二个物体所吸引)——来说明物体运动的地方。新理论是这样来说明物体的运动的，即通过假定两个物体之间的一个相对加速度，这样就取

---

① 用专门的语言来说，运动方程对一切参考系都是协变的。

消了一种特殊的引力。此外，爱因斯坦成功地以这样一种方式来表述运动方程，其结果是，不论选取什么坐标系作为参考系，运动方程都保持其形式。在这种表述中，不受约束而运动的物体（以及尤其是光线）相对于一个任意的参考系总是沿短程线（亦即具有"最短距离"的路径）运动。但是这种表述所需要的几何学是一种具有可变的实曲率的黎曼几何。然而，在极限情况中，当没有引力场时，光线和自由运动的物体的路径都是直线。

这样广义相对论就涉及到了几何学和力学的融合，这种融合在广义相对论中比在牛顿理论中更亲密。其实，"几何学"这个词当在广义相对论中使用时，涵盖了比它在牛顿力学中的用法要广泛得多的一组关系。譬如说，在相对论中，几何不变量涉及到对象的时间特性和严格的空间特性。其实，相对论的这个基本不变量是这样来制定的，以致于当把那些依赖于物体在一特定区域之分布的特殊值赋予这个理论中含有的某些参量时，光线和自由运动物体的轨迹可以作为那个区域的短程线推导出来。相比之下，经典力学的基本运动方程就不能从牛顿理论的几何框架中推导出来。在各种各样的问题中，牛顿理论所采用的力函数也不是由所研究的对象的几何性质决定的；相反，引入一个特定的力函数就是引入一个额外的独立假定。另一方面，在广义相对论中，诸物体在一个区域的分布决定了这个区域的几何学；运动方程就可以从如此决定下来的几何学中推导出来。因而明显的是，广义相对论的这个综合性的几何学是物理学的一个分支，它把牛顿力学的几何学作为一种极限情形包括进来。由此推知，采纳这个几何学而不是采纳对它的一个取舍，这不是一个只需要在各种可能的约定之间进行决断的问题，而是它必须依赖于经验证据。

与广义相对论相联系，已经提出了三个问题，对这三个问题

的评注将有助于澄清在对该理论的以上简要论述中的几个要点。

1. 广义相对论已受到批判，这种批判的根据是：不像狭义相对论，广义相对论的基本概念——尤其是它对任意选择的空时坐标系的自由运用——不具有实验的(或"操作的")意义。在对粒子的相对论运动方程的讨论中，P·W·布里奇曼已论证道，这个理论没有在一处给出了坐标指派的"操作"定义，不管这些坐标是与运动方程相联系还是与其他东西相联系。进一步说，在布里奇曼看来，这个理论没有阐述任何操作标准，以决定处于不同参考系中的不同观察者所研究的物理事件是不是"同样的"事件。因此，这个理论被指控不能分析"可以直观地认识的基本事件"，按照这种事件，物理状态被假定是可以得到完全的表征的。布里奇曼由此得出了这一结论：广义相对论不是完备的，它是以一些含糊不清的假定来进行工作的，而这些假定却掩藏着一个成问题的哲学。[1]

在指出相对论的纯粹的数学形式系统并没有向该理论提供物理内容上，布里奇曼无疑是正确的。当他认为广义相对论若要算做物理学的一个分支，则就必须提供把理论词项和实验概念联系起来的合适的协调定义时，他同样是对的。不过，正如布里奇曼似乎在做的那样，要求每个理论词项都应与一个公开的实验程序相联系，这就不合理了。要求一个理论的每个构成假定都应该能独立于实验检验，这也不太合理。只有为数不多的经典物理学理论满足提出来的这些要求中的第一个，虽然它们

[1] P·W·布里奇曼：《物理学理论的本质》，普林斯顿，1936年，第7章；也可参见他的论文："爱因斯坦的相对论和操作观"，载《阿尔伯特·爱因斯坦：哲学家—科学家》(P·A·希尔普编)，伊万斯顿，1949年.

并不因此不是合适的物理学理论。或许没有一个现代物理学理论满足第二个条件。正如我们已多次指出的，一个理论要能加以检验并实现它的研究功能的一个充分条件是，应使其足够的理论概念与协调定义联系起来，这样才能使其公设的一系列逻辑推理受实验支配。广义相对论充分满足了这个要求，对此没有什么严重的怀疑。

在这方面需要认识到另外一点。在比经典力学中的运动或者狭义相对论中的运动方程所经历的变换都要广泛得多的一类变换下，广义相对论的运动方程是不变的。因此，与此相似，广义相对论表述了比其他两个理论所表述的运动都要广泛得多的一系列运动的共同结构，这样它便从后两个理论明确认可的物理系统的许多差异中进行了抽象。这样，当广义相对论应用于不同类型的物理系统时，它的理论概念的对应规则（或操作定义）在它们特殊的经验指称上将是不同的。对于一个既定的理论概念来说，不可能保留同样的操作定义而又不削弱该理论的不变性领域和应用范围。我们可以在如下情形中发现同一个理论概念但其对应规则却不同的简单例子，这就是：在广义相对论中，"点"这个词项有时被等同于地表上的一小块面积，有时被等同于一颗行星，有时被等同于整个地球的体积，有时被等同于一个银河系。可是，没有一劳永逸地为一个既定的理论概念制定一个唯一的对应规则，这个事实并不意味着，当把广义相对论应用于一个具体问题时，不能为这个概念提供一个具有特殊的经验指称的协调定义。[①]

2．对爱因斯坦广义相对论的进一步批评，是因为它采用一

---

① 参见 A·S·爱丁顿：《相对论的数学理论》，第2版，伦敦，1924年，第85页以下。

个具有可变曲率的几何学作为力学系统的构架。可是，这个批评并非立足于对欧几里德几何学的先验承诺。它所根据的是这一主张：如果要系统地分析偶然的和异质的自然事件并把它们联系起来，那么就必须采纳均匀的时空关系作为一个物理理论的构架，这就是A·N·怀特海提出的理由，其目的在于发展出一个可供选择的广义相对论，这个广义相对论采用一个具有恒常曲率而不是可变曲率的几何学。怀特海声称：

> 我们的经验需要而且显示了一种均匀性基础，……类似地，这个基础把自身显示为时空关系的均匀性。这个结论完全破除了时空关系的因果异质性，而这种异质性却是爱因斯坦的广义相对论的本质要素。……维护物理学和几何学之间的古老的分界线，这是我的理论的内在属性。物理学是关于偶然的自然关系的科学，而几何学则表示自然界的均匀联系。[1]

在怀特海看来，我们必须采纳一个具有恒常曲率的几何学来表示自然界的偶然事实，不管那个几何是欧几里德几何，罗巴切夫斯基几何，还是黎曼几何。因为除非设定了"系统的均匀性关系"，以超越那些能够在其中进行直接观察的孤立情形，否则我们命定"一无所知，直到我们了解万事万物。"[2]

怀特海的这个持不同意见的观点虽然阐述得很不清楚，但它似乎提出了两个问题，一个是事实问题，一个是逻辑问题。

---

① A·N·怀特海：《相对论原理》，剑桥，1922年，第Ⅴ－Ⅵ页。

② 同上引，第29页，也可参见第24页。

a. 第一个问题是：是否可以在一个"非均匀"的、以可变曲率来刻划的几何学框架内构造一个力学系统？对这个问题的回答显然是肯定的，由于爱因斯坦实际上构造出来的恰好是这样一个力学系统。因此，如下论点并没有什么份量，即：若不采纳一个假定了"均匀关系"的几何学，则除了那些能够进行直接观察的孤立的物理事件之外，我们将一无所知。

不管怎样，还不清楚为什么在像爱因斯坦理论的一个理论(它采用一个具有可变曲率的几何学)中，比在一个采纳了欧氏几何作为力学框架的理论中，存在着更多的"因果异质性"。在爱因斯坦的理论中，一个区域的时空结构是由该区域中物质的(偶然)分布决定的，这样一来这个结构就只能根据专门的根据证据来确定，这一点当然是正确的。不过，在一个广泛的概念框架内，那个理论的确提供了一些一般规则，这些规则精确地规定了一个区域的几何学如何是在这个区域中所分布的物质的函数。就此而论，相对于一个以具有可变曲率的几何学为基础的可能理论，情况在本质上并无不同。因为，即使把这个几何学采纳为对空间性质进行分类和命名的先验约定系统，也只有实验观察才能判定在一个特定区域的物体实际上具有什么几何性质。而且，虽然实验事实可以为这些性质是欧氏性质的假定提供证据，但若物体的实际轨迹要属于这种分析之列，就必须制定另外的假定(如关于物质的"局域的"偶然分布的假定，以及关于偶然的运动定律的假定)。因此，我们怎样将我们的几何知识和物理知识系统化——我们是否把力学系统视为一门综合性的"几何学"的不可分割的一部分，或者，我们是否保留几何学和力学之间的传统区分——这并没有决定我们获得物理知识的可能性。[1]

---

① 参见贝特兰·罗素：《物的分析》，伦敦，1927年，第79页。

b. 怀特海提出的第二个问题实际上与关于几何学的逻辑地位的问题遥相呼应。在目前的情景中,这个问题可以陈述如下。我们面临两个二者择一的物理理论:按照具有可变曲率的黎曼几何来表述的爱因斯坦广义相对论,以及基于欧几里德几何的怀特海理论。这两个理论在数学上不是等价的,虽然迄今为止根据实验依据在它们之间进行决断似乎还不可能。就它们采用不同的几何而论,我们如何来分析这两个理论之间的差异呢? 在各个情形中几何学难道只是对空间关系进行解释和排列的可能约定,因而不受实验检验吗?

怀特海对他的那种相对论的压缩性的说明使得这个问题难以回答。可是,虽然得不出确信的回答,但对这个问题的讨论毕竟提供了一个机会,使我们能重申和加强我们已经达到的一些关于几何学之逻辑地位的结论。首先,有必要指出,在爱因斯坦的相对论中,"几何学"这个词是在比怀特海的用法广泛得多的意义上被使用的。在爱因斯坦但不是在怀特海的语境中,这个词指代一个力学理论和一个空间关系理论。在考察我们面前的这一问题时,我们必须把爱因斯坦的"几何学"与怀特海的"几何学"和物理学之结合作比较。而且,我们必须确定在各个系统中(尤其是对"直线"这个词项)是否采纳了对应规则,如果采纳的话,是什么对应规则。如已指出的那样,当把爱因斯坦的理论应用于具体问题时,它的确有这样的对应规则;事实上光线和自由运动之物体的路径就被称为这个理论的短程线。当根据经验证据来判断时,这些图形一般来说就是黎曼直线。因此,给出爱因斯坦理论的协调定义,一个区域的空间结构满足一个具有可变曲率的黎曼几何的要求,这个主张不是一个"隐藏起来的定义",相反,它得到保证只是由于事实证据的本质。

另一方面,还不很清楚怀特海对他的几何词项采用了什么

协调定义。支配他的理论建设的动机好像是哲学的，而不是物理学的。他把他的“空间的关系理论”发展为在直接感知到的事件之间的关系系统，而不是在物理客体之间的关系系统，因为按照他的观点，物理客体只是直接感知到的事件的复合。由此他认为，物体的运动可以参考这样的坐标系，这种坐标系是在“同质的”或“均匀的”空间中被确定的，而且是按照感觉事件之间的那种直接得到把握的关系来定义的。不过，仍然模糊不清的是，要把哪些直接感知到的事件的构形依怀特海之见鉴定为“直线”；怀特海本人很难摆脱这一印象，即欧氏几何学充当了对直接经验到的事件的空间性质进行系统处理的一套隐含定义。然而，如果这个印象是可靠的，那么在爱因斯坦的论点和怀特海的主张之间就不可能有冲突：一方面，爱因斯坦的论点是，他的理论指定为短程线的图形是黎曼直线；另一方面，怀特海的主张是，只有当一个图形是欧几里德直线时，它才是短程线。因为爱因斯坦的论点是一个事实论点，而怀特海的主张则是一个提出来的约定。因此，虽然一个既定的图形（如在一个无约束力的场中的光学路径）都有可能被这两个系统刻划为短程线，但同样可能的是，某个其他的图形（如在一个强引力场中的光学路径）是被它们不同地表征的。不过，当在怀特海的体系中，而不是在爱因斯坦的体系中，几何学似乎具有一套约定之地位时，爱因斯坦的体系也有它自己的约定成分，虽然这些成分并不对应于怀特海体系中的类似成分。譬如说，在爱因斯坦的理论中，只有那些满足该理论所规定的某些方程的力场才算是引力场，这个规定就是通过约定作出的。总之，虽然约定的制定是理论建设的一个必要阶段，但这种约定的所在地一般是可变的。

3．最后我们必须对置于如下事实上的一些错误解释说些东西，那就是：在广义相对论中，在一类极其广泛的坐标系统之

间的变换下，基本的运动方程是不变的。对自然律的这种表述的优点是明显的。这种表述使我们能把一系列广泛的特殊定律归结到一个共同的公式之下；它们阐明了各种过程所发生的必不可少的条件，因而有助于我们辨别对于那些过程的延续来说什么是本质的，什么是无关的；它们在处理研究和解决具体问题中充当了有力的指南。由于认识到了不变的表述的这种具大的理论和实践的重要性，许多作者已把不变性等价于客观性，结果在这些思想家看来，只有可以用这种不变形式表达的东西才值得上称为“真正的实在”。

客观性和不变性的这种等同令人出乎意料，如果把这种等同看作是对与科学和其他地方中“客观的”这个词相联系的诸多含义的一种解释的话。[①] 可是，这好像不是提出这种等同的绝大多数人的意图，因为他们经常根据客观性概念来否认具体存在的物理系统的“实在性”，甚至于否认那些体现了这种结构——这种结构在物理理论中得到不变的表述——的系统的“实在性”。因此，简要地指出在这种否认中经常被忽视的一些考虑是有益的，尤其是当这些否认据说是依赖于对广义相对论的分析时。

相对论的运动方程在一类广泛的变换下确实是不变的。不过，这些方程不是在一切可能的变换下都是不变的，而只是在一类有限的既连续又可微的变换下才是不变的。因此，根据提议的这种客观性和不变性的等同，广义相对论所表述的这种结构的客观性就是相对于一组选定的变换的。但由于有无限数目的变换，它们能够被选来供定义不变性之用，因而就不存在使人非

① 参见在第6章中讨论“物理上实在的”这个谓词的应用时所列举的种种可能标准。

相信不可的先验理由认为，在相对论中所使用的这组变换优越于某组其他的变换，而且在哲学上比这组别的变换更根本。

而且，运动方程应具有不变形式这一要求本身并没有对自然律可能采取的形式施加严重限制，这一点往往受到忽视。其实，如果不对表述的复杂性施加任何限制，那么可以使任何自然律都满足这一要求。[①] 因此，相对论方程的单纯的不变性并不是其重要性的根源；其他的考虑——不排除比较简单这一实用的考虑——作为其价值的决定因素也发挥了作用。

但无论如何，当运动被参考到特定的参考系时，那些把运动分异开来的特点(即使这些特点在运动方程的不变表述中被忽视)如同方程所阐明的普遍结构一样就是自然的一部分，有什么恰当的理由否认这一点吗？每当广义相对论的运动方程应用于具体的物理问题时，必须以对并非不变的细节的陈述来补充它们不变的形式系统。因此，为什么应该认为运动方程的一个特殊例子不比它所体现的不变结构更“实在”呢？让我们按照一个简单的例子来敦促这一点。含有两个变量的一般代数方程可以被解释为一个圆锥切面的一般方程。可是，当把特定的数值赋予这个一般方程中的“任意常数”时，由此得到的种种方程就表示相对于一个假定的参考系在类型、大小和位置上都相互不同的圆锥曲线。虽然个别的圆锥曲线在已指出的这几个方面都可以不同，但它们具有一个共同的结构，这个结构由圆锥曲线的一般方程来表达。但声称这个方程表示一个“一般的圆锥曲线”，该曲线既不是椭圆，也不是圆，既不是双曲线，又不是抛物线，它是“客观上实在的”，而它的特殊情形则不是，这显然是荒谬的。

---

① 参见P·W·布里奇曼：《物理学理论的本质》，第81页；L·西尔伯斯坦：《相对论》，第2版，伦敦，1924年，第296页以下。

类似地，一般的牛顿运动方程没有区分一个向引力场中心自由下落的物体能够被描绘要遵循的不同轨迹——当这个物体的运动被参考到不同的参考系时。相对于一个这样的参考系，这个轨迹可以具有抛物线的形式，而在另一个参考系中，它则可以是直线。但否认在这些轨迹上存在着差异那就是荒谬的了，即使牛顿方程的普遍化的表述没有明确地提到这些差异。也没有什么根据声称只有一切轨迹共同具有的特点才在自然中有一个客观的地位，除非这个主张只是一个特殊的术语学的推理。在广义相对论中，这种情况并非原则上有所不同。在这个理论中一定找不到理由来否认这一点：当在不同的参考系中来分析运动时，它们所显示的专门特征就是物理学所探究的世界的特点，宛如在这个理论的不变的表述中，所描述的共同结构就是这个世界的特点一样。

第十章　物理学理论中的因果性与非决定论

物理科学的新近发展已经揭示了经典物理学理论作为一个普遍合适的说明系统的局限性。这些发展也要求我们重新审视在历史上得到尊敬的许多科学研究原理的有效性。一个已受到挑战的生气勃勃的观点是：自然事件是以确定的因果秩序发生的，而发现这种秩序正是科学的任务。通常认为，物理学目前的研究结果已不再保证关于这种秩序的假定，必须放弃物理科学拥护严格决定论理论的理想，因为这一理想是内在地不能实现的。我们现在必须处理的正是由这些主张产生的问题。

这个由于物理学的发展而变得尖锐的问题，不是有关"原因"这个词在它可能具有的种种用法中的意义的正确分析的传统问题。譬如说，在日常的实际事务中得到证实的因果关系是否还可以进一步分析，它们归根结底是否暗示了某种必然性或同一性，或者，它们是否可以按照有规则的、虽是偶然的事件序列来表达，这些问题都与量子力学激起的争论无关。这个当前的问题是由在一个综合性理论的物理探究的一个片断中占统治地位的一个见解引起的，这个综合性的理论似乎不同于经典物理学理论，因为它具有一个"非因果的"或"非决定论的"结构。由此提出的首要问题是：经典物理学理论是决定论的，而当前的亚原子理论则不是，这当中的确切含义究竟是什么？我们要首先关注的正是这个问题。然而，由于物理学理论中的新近变革，许多不太专门化但更含糊的问题也被助长起来，这些问题关系

到所谓的“因果性原则”的意义和认知地位，关系到所谓的“纯机遇”事件的发生，关系到新近的理论变革对合适的自然观和科学目的观的意义；因此对这些问题我们也要略加关注。

一、经典力学的决定论结构

经典力学是决定论理论的公认范式，目前对决定论的讨论，就其特征和主要的语言而论，主要是受惠于力学。因此有待于澄清究竟是经典力学的什么特点把它表征为一个决定论的理论。

从很一般的观点来看，力学是一套方程，这套方程表述物体的某些特性对其他物理性质的依赖性。在它们的牛顿形式中，运动方程断言，属于一个特定的物理系统的每个质点的动量的时间变化率依赖于一组确定的其他因素。虽然“原因”这个词并未出现在这些方程中，但有时仍然说它们表示了“因果关系”，这不过是因为它们断言了一个量(如动量)的时间变化率对其他的量的函数依赖性。然而，只在这个基础上把力学表征为“因果的”，仍然没有恰当地澄清量子力学据说是非因果的这一含义，因为按照这一标准，量子力学方程也表述了因果关系。[1]

当相当一般性地来阐述运动方程时，正如我们已看到的，它们含有一个没有指定的函数，即力函数。也正如我们已看到的，如果运动方程要充当分析具体的物理问题的手段，就必须给力函数指派一个特定的结构，也必须给可能出现在力函数中的任

---

① 出于类似的理由，在其他的物理学分支中通常使用一个类似的惯用语。这样，电磁场理论的方程也被说成是因果的，因为它们也把电场矢量和磁场矢量的时间变化率与其他的量联系起来。另一方面，几何方程或热力学方程(如理想气体的玻意耳—査尔斯定律：pV = kRT)则不被说成是因果的，因为它们没有把某个量的时间变化率与其他东西联系起来。

意常数赋予确定的值。而且，运动方程是二阶线性微分方程，为了得到一个特定的问题的解，必须对这些方程积分。因此，对每个要被采用的方程，最终会出现两个积分常数：所考虑的质点在某个指定时刻的位置和动量的成分，这里位置和速度被假定是可以相对于某个合适的参考系来指定的。

据说一个质点在一特定时刻的位置和动量构成它在那个时刻的“力学状态”，定义力学状态的变量则被称为“状态变量”。由于每个质量有三个位置分量和三个速度分量，这样就有6个参数或坐标来确定一个质点在一既定时刻的状态。因此，由n个质点构成的系统在任何时刻的力学状态，当相应的6n个状态变量在那个时刻的值被指定时，是已知的。① 现在我们可以按照这个名目来阐述经典力学的一个重要特点。给定一个物理系统的力函数，这个系统在任何时刻的力学状态就由在某个任意的初始时刻的力学状态完全而且唯一地决定。正是运动方程的这一特点把经典力学划分为决定论理论。②

---

① 为了避免不必要的纠缠，以上对“力学状态”的论述只限于质点力学。那些其相对大小不可忽视、除了平动之外还显示转动的物体的力学状态，也可以以类似的方式来定义。

② 一个简单的例子有助于澄清这点。让我们以运动方程来分析靠近地球表面的一个自由落体的运动。如果一个空间坐标为 x、y、z 的系统是通过取 z 轴垂直于地面来确定的，那么运动方程就取如下形式：

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = F_x = 0, \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = F_y = 0, \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = F_z = mg$$

通过积分，我们得到：

$$m\frac{dx}{dt} = mv_x = a_1, \quad m\frac{dy}{dt} = mv_y = a_2, \quad m\frac{dz}{dt} = mv_z = mgt + a_3$$

最后：

$$mx = a_1t + b_1, my = a_2t + b_2, mz = \frac{1}{2}mgt^2 + a_3t + b_3$$

这里 a_i 和 b_i 是状态坐标。因此，如果对任一时刻我们都知道它们的值，那么我们就能从积分所得的方程中算出任何其他时刻的状态的值。

由于系统的力学状态的概念对于阐明经典力学是决定论的理论的含义是至关紧要的，因此值得对它进行进一步的讨论。假设 S 是一个物体系统，该系统不受一切其他系统的影响。进一步假设 S 的成员具有某些性质（如质量、速度和在空间中的分布等等），这些性质属于一个确定的性质类 K，它们的量值由一组数值变量的值 V_1、V_2、V_3 等等来表达。S 的成员可以具有那些不属于 K 的性质，但是我们不予以考虑。我们也不关心 K 是否包括“可观察”性质以及“理论”性质，或者 K 是否从其他类的性质中得到界定；我们只是假定 K 适合以某种方式来加以指定。现在让我们商定：在任何既定时刻 S 的成员所具有的 K 的性质的数值定义了 S 在那一时刻的状态。接着我们假定，在时刻 t_0，S 处于状态（$v_1{}^0$、$v_2{}^0$、$v_3{}^0$、…），S 的状态随着时间而变化，而且在 t_1，该系统处于状态（$v_1{}^1$、$v_2{}^1$、$v_3{}^1$、…）。现在设想，S 被迫退入它在时刻 t_0 所具有的状态，它又主动改变它的状态，在一时间间隔（$t_1 - t_0$）后它又处于它在 t_1 时所具有的状态。最后让我们假定，S 总是以指定的方式表现其行为，对每一个初始时刻和每一个时间间隔。由于 S 在任何既定时刻的状态唯一地决定它在任何其他时刻的状态，我们将说 S 相对于 K 中的性质是一个决定论系统。然而，我们不是在假定，当 S 在两个不同时刻处于同一状态时，S 的成员在那些时刻也具有**不属于** K 的性质的同等的值。我们是在定义，**相对于**一个规定的性质类 K 来说，S 在什么意义上是一个决定论的系统。

这个抽象的模型一般性地说明了力学是一个决定论的理论的含义。但这个说明并不完全令人满意。在暗示那被说成是决定论的东西，是一个**物体系统**，而不是关于一个物体系统的某些性质的一个**理论**上，这个说明至少潜在地有些令人误解。而且，在阐述这个模型时，由于没有提到任何理论，这个

讨论就不能充分地说明力学作为一个理论被说成是决定论的意义了。因此,我们必须把一些复杂的情况引入迄今为止给出的论述之中。

让我们假设已经确立起一组一般的陈述L,这样,如果给出S在某个初始时刻的状态,则借助于L就能推导出S在任何其他时刻的一个唯一状态。因此,若给出L和S在某个初始时刻的状态,则原则上就有可能算出S在任何时刻的状态。这表明相对于K,应该把这组定律L称为S的一组决定论定律。然而,需要引入一个另外的复杂情况。如果有待指定的S的状态变量的数目极大,那么实际上就不可能描述这个状态;到头来也不可能确立起一组定律L。因此我们假定,这一整套指称K中之性质的谓词是能够以某种方式按照少量属于这个集合的相互独立的谓词来定义的——为了定义起见,让我们假设能够按照独立变量v_1和v_2来定义所有表达K中的性质的量。据此假设,如果我们知道了在一既定时刻变量v_1和v_2的值,那么我们也就知道了S在那个时刻的状态(如原来所定义的那样)。因此,我们现在修正这个原来的定义,以使S的状态变量恰好是这个小的相互独立变量的子类的变量,而按照这个子类中的变量,就可以定义其余的变量。因此,给出S在任何初始时刻的状态,如果这组定律L逻辑上决定S在任何其他时刻的状态,那么相对于K这组定律就构成S的一组决定论定律。

这个讨论可直接应用于力学。力学研究那些属于某一类型的大量性质之间的关系。然而,在描述一个系统的力学状态时,如果必须考虑所有这些性质,那么是否还会取得一个实际有效的运动理论就值得怀疑了。所幸,不是所有这些性质都需要明确地指出,由于存在着一组少量的变量(由一个质点的位置坐标和动量坐标构成),按照这组变量就可以定义关于其他力学性质

的变量，于是位置和动量的变量就构成了力学的状态变量。譬如说，如果已知一个粒子的位置和动量，那么就能算出它的动能和势能。因此，当给出一个系统的力函数和它在某一时刻的力学状态时，它的运动方程就决定了它在任何其他时刻的唯一一个力学状态，因而也就决定了它在该时刻的其他一切“力学性质”的量值。

在一段经常引用的段落中，拉普拉斯声称，对于一个了解一切物质粒子的位置及其相互间的作用力的神明来说，“未来以及过去都呈现在他的眼前”。[①] 显然拉普拉斯在这里不过是在解释使力学成为一个决定论理论的力学的特点。而且，当19世纪的物理学家把决定论认同为一项科学信仰时，他们绝大多数都把他们决定论理论的理想当作一个这样的理想，这个理想以质点力学的方式来定义物理系统的状态。正如我们将看到的，这个理想在很大程度上继续支配着当前对物理学中的因果性和决定论的讨论。然而，在我们考察“物理系统的状态”这一概念对那些不是力学的物理学分支的关联之前，我们要尽力排除一些可能的错误观念的根源，这些错误观念涉及到力学本身是一个决定论理论的含义。

---

① 这一段引文如下：“我们应该把宇宙现在的状态看作它先前状态的结果，它后继状态的原因——一个神明，如果他知道了在一既定时刻自然界中的一切作用力，知道了宇宙中万事万物的瞬时位置，又如果他的才智过人，这样他能支配有待分析的一切数据，那么他就能在一个单一的公式中把握世界上最大的物体和最微小的原子的运动；对于他来说没有什么是不确定的，未来以及过去都呈现在他的眼前。人类心智所能赋予天文学的那种完美展现了这样一个神明的轮廓。力学和几何学中的发现，结合那些在万有引力上的发现，已以同样分析准则把世界体系的过去和未来的状态置于人类心智能够理解的范围之内。在对真理的探求中，一切心智的努力都倾向于逼近我们刚才想象的这个神明，虽然离这个神明永远是那么遥远。”——《概率的理论分析》，巴黎，1820年，前言。

1. 只须顺便提及这一事实：像任何其他的研究部门一样，经典力学只是处理物体的一组限定的性质和关系。因而有必要记住这一点：虽然力学是一个决定论理论，但完全是相对于物理系统的力学性质，尤其是相对于系统的力学状态，它才是决定论的。这样，如果力函数是已知的，但是只给出一个质点系统的初始位置（不是它们的初始速度），那么力学并不能使我们算出质点在某个其他时刻的位置或动能。不仅如此，即使给出了力函数和系统在某一时刻的状态，经典力学并不能使我们预言一个系统的热性质或电磁性质的变化——其实，如果力学满足我们在第七章中对"纯粹力学理论"的要求，那么它显然不能预言这种变化。

因此，当拉普拉斯宣称对于一个神明——他具有粒子在某个时刻的力学状态和作用在粒子上的力的完备知识——而论，"没有什么东西是不确定的"时候，他由于作出了一个严重不合逻辑的推理而应该问心有愧。只有当除了知道这些东西之外，拉普拉斯的神明还能把无论什么物理对象的一切性质（如它们的光、热、化学、电磁学的性质）都分析为是可以按照构成一个系统的力学状态的变量来定义的时候，这个主张才是有根据的。然而，力学并不依赖于这种分析其实是可能的假定。力学的决定论也没有排除这一可能性，即一个系统的力学状态的改变可以是一个系统的不能以这种方式加以分析的性质（如化学性质）变化的结果。因此，如果这种变化会发生的话，力学就不能根据某个既定的初始状态来预言一个系统的未来状态。总之，经典力学的决定论严格地局限于相对于力学状态的决定论。

2. 请注意力学理论没有对具体事件实际发生的相继次序或伴随次序提供扼要的说明，这一点由于很明显而往往受到忽视。因为正如我们多次指出的，力学理论只是以一般的词项来

表述广泛的相互关系模式，并且借助于“理想”概念或“限制性”概念而不是借助于实验概念来整理这些模式。因此，力学的决定论严格地说只是对系统的理论力学状态才有效，这种状态的状态变量是瞬时位置和瞬时动量[①]。然而，由此并没有推出，如果给出由实际测量所确定的一个物体系统的初始位置和动量，力学理论就有可能预言这些物体在任何后来时刻的一组唯一的、类似地加以测量的位置和动量。力学实际上能否使我们做出这样的预言，这是一个独立的问题，一个不是只通过分析力学理论的形式结构就能予以解决的问题。

这个重要之点值得强调和发展。力学的状态坐标当由这个理论来规定的时候，并不是按照统计概念或统汁方法来定义的。另一方面，在实验上测定的位置和动量的值绝不是瞬时值，而实际上是在某一时间间隔内的平均值。于是，当通过测量一个物体在一秒钟之内的运动距离来确定它的速度时，从力学理论的角度来看，如此得到的数值只是该物体在那一秒钟之内的各个“瞬间”所具有的速度的统计平均。虽然可以把这一秒钟分割为更小的间隔，但在对速度的实验测量中，不能无限制地缩小这个间隔。因此，可以使力学状态的理论变量对应于这种在实验上测定的量值——这种量值其实只是统计系数，这样理论变量就与实验上可以检测的量值的一个不趋向于零的“差距”相联系。因此，在实验上可以辨别的位置和动量——它们构成在借助于力学来处理的预言性程序中的起点和终点——不是一个系统的理论上唯一的力学状态。我们能够成功地预言的至多只是位置和动量的这样一类值，这些值比较接近于系统的理论状态，但不是一组唯一的值。

---

① “动量”这里原文作“moments”，疑是印刷错误，译文已加改正。——译者

3. 刚才提到的这种考虑有时已被用来支持这个结论:经典力学毕竟在实际上不是一个决定论理论,它只是接近一个决定论理论。例如,有人论证说,如果我们把"一个系统的力学状态"理解为可以在实验上测定的位置和动量的值,而不是把它们理解为一组理论状态变量,那么力学理论所断言的,不过是在实验上加以定义的系统在不同时刻的力学状态之间的一个高度统计的关联(或"或然性关系")。因此,虽然习惯上把力学定律表述为严格普遍陈述,但按照这个观点,必须把这种表述解释为真实事态的理想程式。其实在实验上定义的力学状态之间,并不存在严格普遍的依赖关系,这样那个论证是有效的;在这些状态之间只有或然性关系。这些或然性关系是按照严格普遍陈述的格式来整理的,因为概率系数接近于1这个最大值;这种整理得到了辩护,因为在概率的实际值和最大值之间的偏差是如此之小,以致于实际上可以忽略不计。[1]

然而,对这个结论的论证并不完全恰当。首先,这个论证好像假定一个理论不过是对可观察事件的顺序的普遍化的描述。如果同意这个假定,那么实际上就可以合理地把一个理论解释为是在断言各类事件之间的高度或然性的关系。但我们已经发现对那个假定进行质问的理由,这样这个论证若是依赖于这个假定,那么这个结论本身就成问题了。

但其次,这个论证似乎混淆了两个必须加以区分的问题。一方面,有一个逻辑分析问题,这个问题与一个理论的内在结构有关,而且涉及到确定理论状态变量——这些变量相互间处于逻辑决定关系之中。另一方面,有一个经验事实问题,这个问题

---

① 参见汉斯·赖欣巴赫:《量子力学的哲学基础》,伯克利,加利福尼亚,1944年,第2页;也见他的《概率论》,伯克利、加利福尼亚,1949年,第435—436页。

与一个理论对其研究题材的合适性有关，而且涉及到用实验数据来确认该理论的预言的精确性问题。这两个问题显然都很重要，虽然它们还是不同的问题。我们早先的讨论——这个讨论主张力学是一个决定论理论——显然是回答这个逻辑问题的一个努力。而对第二个问题提出来的回答则是这一论点：力学不完全是一个决定论理论。虽然这两个回答似乎有些分歧，但它们显然不是矛盾的。

而且，声称经典力学不是一个决定论理论几乎是老生常谈，如果这个主张只是意味着实际测量只是近似地，或者只是在某些统计上表示的极限内确认该理论的预言的话。按照可以在数学上进行连续变化的量来表述的任何理论，比如说经典力学，在这个意义上本质上都是统计的，而不是完全决定论的。因为通过实验测量而得到的物理量（如速度）的数值根本形不成一个数学上的连续序列；这样得到的任何一组值将显示出围绕着理论计算值的某种分散现象。不过，如果对一个理论的内在结构的分析表明一个系统在一个时刻的理论状态决定它在任何其他时刻的一个唯一状态，那么就可以把这个理论合适地称为决定论理论。在这个意义上，并且相对于理论上定义的系统的力学状态来说，力学无疑是一个决定论的理论。①

二、物理状态的二者择一的描述

力学不是唯一的物理学分支，它也不是唯一的具有决定论

① 其实，正是在这个基础上，而不是根据对支持理论的实验资料的考查，在目前的讨论中理论才被称作是决定论的或非决定论的。这点对于赖欣巴赫本人对量子理论的说明也成立；实际上，如果他并不关心于表明量子理论由于其内在的结构而是非决定论的，那么他对量子力学的分析就会不得要领。

结构的理论。然而，即使对于其他理论的一个草率的考察也会使人明白，不是一切理论都采用了与力学中所使用的物理状态相等同的物理状态的定义。

虽然分析质点力学作为一门普遍的自然科学之角色的最有资格的候选者统治了物理学家的心灵长达两个世纪之久，但只是在天文学中，这个理论才完全严格地得到使用，并获得了实际的成功。拉普拉斯关于一个严格决定论的科学的理想（在这个严格决定论的科学中，状态的力学定义是一个本质的特点）证明在绝大多数的其他领域中要么无法实现要么难以实现。物理学家们继续对那个理想靡费口舌。但在实践中，他们发现在其科学的大多数分支中——甚至在物理学的一些部门，如流体动力学和弹性力学中（这两个部门被认为毫无问题地属于力学）——不可避免地要采用不同的（或至少是经过修改的）物理状态的定义。例如，物理学家们并未发现根据作用在物体之间的牛顿力的假定来分析流体的运动是普遍行得通的。终有一死的人根本就无法克服在这种探讨中的如此巨大的数学困难，只有拉普拉斯的那种神明才能解决这些困难。于是，物理学家们为此目标而引入某些其他的参数（如液体在一点的密度）——这些参数可以被分析为力学状态变量的平均值——而不是采用位置和动量的坐标作为状态变量。在对物质的弹性性质的研究中，在气体运动理论中，都需要对状态的力学定义进行类似的修改。在对纯粹力学理论之要求的框架内来发展电磁理论的数十年的努力失败之后，麦克斯韦通过使用了一种与力学的状态描述不同的状态描述方式构造出一个充分合适的电磁理论。

不过，在科学家的想象之中，以及同样在外行人的想象之中，“决定论”是如此之经常地被等同于“机械论”，这是保持力学状态之概念的惊人证据。其实，往往假定一个决定论的理论的

标志就是它对力学状态定义的使用。物理学理论中的革新因此被广泛地看作“决定论”的物理学“破产”的信号，因为这些革新牵涉到与质点力学中规范的状态描述方式背道而驰的状态描述方式。与对这种新的描述方式的接受相类似的某种东西，已由许多作者给予到电磁场理论、统计力学理论、广义相对论以及最近量子力学的产生之中。不过，把决定论等同于机械论是错误的。现在我们必须表明，对状态的力学定义存在着真正的抉择，一个物理理论可以是严格决定论的，即使它采用了对一个物理系统的状态进行指定的这些二者择一的方式之一。

对于那些并不使用力学的状态描述的决定论理论，要详细地审视甚至只是对它们的部分列举，也会把我们带得太遥远。然而，我们可以简明扼要地指出一种系统的方式，以此方式来划分那些对状态的力学定义进行抉择的状态描述类型，并对其中的一些类型加以例证。出于目前的这一目的，让我们注意力学描述的一般特点。首先，请注意一个系统的力学状态是由两个状态变量来指定的。如果一个质点被参考到某个笛卡儿参考系，那么其力学状态将由 6 个状态坐标来定义：三个位置分量的坐标和三个速度分量的坐标。因此，由于一个可以对其直接应用粒子力学的分析技术的系统只包含数量有限（虽然可能很大）的质点，因而任何系统的力学状态是由数量有限的状态变量的值来指定的。其次，每个坐标是状态变量的一个瞬时值，这样力学状态就是一个瞬时状态。最后，每个坐标代表赋予一个个别质点的一个性质或关系。因此，一个系统的力学状态就代表我们称为一个个别性质的东西——也就是，只能够有意义地对一个单一的质点断言的性质，或者对一组分散地而不是聚集地看待的个体才能有意义地论断的性质。

然而，一个力学状态描述的这三个特点中的每一个，恰好是

一族二者择一的(或相反的)特点中的一个。这样就有一些二者择一的定义状态描述的方式,其中每种方式是通过运用一个与刻划力学状态描述的特点相反的特点而得到的。让我们考查这些可供抉择的可能性中的一些。

1. 或许可以按照某一组状态变量的无限数目而不是有限数目的值来定义一个状态描述。其实在物理学的"场论"中就运用了这种类型的状态描述,譬如说,麦克斯韦电磁理论。一个电磁场在一个时刻的状态是由在这个场的每个点(在数目上是无限的)上的两个矢量——电场矢量和磁场矢量——来确定的。虽然在这一情形中,一个系统的状态是由数目有限(这里是两个)的状态变量指定的,但这两个变量实际上是对一个区域内的每个点定义的函数。因此,只有在原则上知道了两个状态变量在一个既定时刻的数目无限的值时,才知道一个电磁场在该时刻的状态。

在物理学中,场论首先是在对连续介质的研究中发展起来的,对于连续介质的分析需要使用偏微分方程。然而,场论是在对一些过程的研究中突现出来的,这些过程涉及到扰动以有限的速度,以不能有效地按照牛顿的瞬时作用的"超距作用力"来分析的机制进行的传导。例如,电磁波是以有限的速度传播的。而且,一个运动的带电粒子作用在一个磁针上的力不仅依赖于它们之间的距离,而且也取决于它们的相对速度,取决于包含它们的介质的特性。进一步说,由于电荷的运动,磁针所经受的加速度不是沿着磁针与电荷相连的直线上(这与在牛顿力如引力作用下物体被引起的加速度不同,这个加速度是在该物体与作为力源的另一物体相连的直线上),而是在垂直于这条线的方向上。麦克斯韦的电磁场理论为库伦、安培和法拉第的实验研究

结果提供了一个连贯的说明方案；它也为处理电磁现象的独特的形式特点提供了令人满意的数学工具。麦克斯韦的研究碰到了一些阻力，这些阻力首先来自于不愿放弃作为电磁理论之基础的力学状态概念的那些人。然而，作为对范围广阔的实验事实进行理解的一个得到充分证实的思想体系，麦克斯韦的电磁理论终于取得了与牛顿质点力学相匹敌的地位。其实，不久就做出了这一尝试，即表明力学本身不过是电磁场理论的一个特殊分支，这样，力学丧失了它作为普遍自然科学的传统优越性。

但是，目前这一讨论的要点是：经典电磁理论具有一个决定论的结构，即使一个系统之状态的电磁描述是以不同于定义力学状态的方式来定义的。因此，如果给出某个区域中的每个点在一初始时刻的电磁矢量的值，那么假若问题的边界条件仍保持不变，则在任何其他时刻那个区域的这些矢量的值就由麦克斯韦方程唯一地加以确定。① 类似的结论也适用于物理学中场论的其他例子，如傅立叶热流理论或广义相对论。

2. 可以按照**处于几个不同时刻**的变量的值，或者按照在**某个时间间隔内**的变量的值，而不是按照变量的瞬时值，来定义一个状态描述。其实，在某种意义上便可以认为力学状态描述就属于这种类型，因为不是按照质点在**一个**时刻的瞬时速度和瞬时动量来定义力学状态的，相反，当按照处于**两个**性质不同的时刻的位置来定义力学状态时，就可以得到一个本质上等价的状态描述。

但是，还有这种状态描述的更好的、更有趣的例子，不过它

---

① 显然，用来指定一个系统的电磁状态的这组无限的坐标不能由在一个区域的每个点上进行的公开测量来确定，必须立足于对既定问题的边界条件的经验研究来假设专门的定律，这些定律把场矢量的值表述为位置的函数。

们不是质点力学中标准的状态描述的等价形式。这样，在生物科学中、尤其是在医学实践中，对一个机体的行为的预言往往需要关于这个有机体的历史的信息，而不仅仅是需要关于它的瞬时状态的信息，这一点是一个共识。但是，甚至于在物理学中，也存在着，其中需要这种历史知识的研究领域，不管怎样，在某个理论分析层次上，这种知识是需要的。例如，在金属的弹性疲劳的研究中，或者在磁和电的滞后现象的研究中，为了成功地预言所研究的这些物理系统随后的行为，只是指定某些变量的瞬时值还是不够的。因此，当一段弹性金属丝发生弯曲时，作用在它上面的力可以留下永久变形，这样这段金属丝便不会回复到它的初始的平衡位置。如果我们只知道这段金属丝在某一时刻的角矩和角速度，我们便无法预言它在随后的运动——它的弯曲和不弯曲。在这种情形中，我们必须具有自从变形力作用于这段金属丝以来，关于这些量在这段金属丝的整个历史中的值的信息。这种问题的研究已经导致了有时被称为"遗传力学"的这样一门学科的发展；在这个物理学分支中，一个物理系统的状态是按照一个时间间隔内某些函数的瞬时值的和来定义的。[①]

非瞬时状态变量的应用有时被数学物理学家认为只是一个权宜之计，直到遗传现象能够由一个使用瞬时状态变量的理论时为止。例如，有人已经论证说，分子理论（或某种其他形式的微观理论）原则上能够说明与金属疲劳有关的其他现象。因此，虽然必须承认，我们目前的技术还无法确定分子的瞬时状态，可是，有人却主张我们不能把一个使用非瞬时状态变量的遗传现象理论接受为最终的理论。在这点上，潘立伏甚至断言："为了预言一个物理系统的未来，人们必须知道它的整个过去，这一想

① 维托·沃尔特拉：《函数论》，伦敦，1930年，第147页以下。

法是对科学的全盘否认。"① 不过，在一般原则的基础上对非瞬时状态描述的这种拒斥，好像并不比如下假定具有更坚实的基础，那就是，只有经典力学中所使用的这种状态描述才是"基本的"。因此，这个拒斥有赖于这一前提：如果不能通过使用这种状态描述的宏观理论来解释宏观现象，那么，那些现象必须由这样一个微观理论来说明，这个理论的确采用了在力学中所使用的一种状态描述。从一种抽象的角度来看，拉普拉斯的科学理想有朝一日将会实现这当然是可能的，即使目前的科学发展方向并不能做到这一点；追求那个理想本身并不是荒谬的，即使这样做可能有几分狂妄自大。另一方面，拉普拉斯理想并不代表一切物理理论必须满足的一个必不可少的逻辑条件。因此，没有先验的理由认为一个并不使用力学的状态描述的理论不可能与一个使用这种状态描述的理论一样"根本"。

但无论如何，目前我们主要关心的要点是，一个理论只是相对于它指定一个系统的状态的方式才可能是决定论的，即使这个状态描述是按照非瞬时状态变量来定义的。

3. 一种更进一步的状态变量需要引起我们的注意。一个状态描述可以按照这样一个变量的值来定义，这个变量代表某类元素的一个统计性质，而不是代表一个只能有意义地对个体断言的性质。这种类型的状态变量出现在连续介质力学中，因为在这里，理论分析采用了那样一些状态变量（如密度函数和应变矢量），它们代表那些与质点的性质相联系的量的平均值。然而，这种状态变量对于那些具有更显著的统计内容的理论尤其醒目，比如经典统计力学和现代量子理论。

由于我们将有机会多次涉及到这些统计理论，所以对它们

---

① 保尔·潘立伏：《力学公理》，巴黎，1922年，第40页。

的特征就需要有一个一般的了解。因此，我们将概述一下经典统计力学的显著特点。这个理论起先是为了说明气体的性质而发展起来的，虽然最终它的应用范围得到扩大，结果甚至于天体物理学的问题也属于它的辖域。但是就它原来的形式而论，这个理论假定：气体是大量微小粒子即分子的聚集体，其运动是可以按照牛顿力学的方程来分析的。另一方面，要确定这样一个分子系统的力学状态实际上是不可能的。而且，即使我们能够这样做，由于解决大量联立的微分运动方程有着严重的数学困难，所以我们还是不能预言这个系统未来的力学状态。为了回避这些困难，就需要采取一种统计研究，这样，即使无法预言个别的分子运动，但预言与那些个别运动相联系的量的平均值还是行得通的。

因此，要把一个额外的统计假说添加给这个关于分子运动的普通的非统计牛顿假定。这个新假说规定，在任何小的时间间隔内，气体的分子以特定程度的概率(或相对频率)处于各种力学状态。这样一来就可以证明分子处于各种力学状态的概率是分子的平均动能的某一函数。由此推出有一个相当大的、分子将处于这样的力学状态的概率，这些力学状态属于一切可能的力学状态之集合的一个有限子类。简单地说，虽然统计力学没有预言个别的分子运动，但它能够根据个别的分子运动的某些统计性质来表征系统平衡的一个稳定条件。这些统计性质由统计参数来表达；结果这些统计参数中的一些是与气体的可观察的宏观性质的量相联系的。但迄今为止，这种分析还只是处理平衡条件。然而，为了把这种分析应用到其状态随着时间而变化的分子系统，正如在涉及到气体扩散或具有布朗运动的问题中一样，还可以扩展这种分析。为了实现这种扩展，就必须制定另外的统计假定，这些统计假定关系到随着时间的流逝，处于

一组力学状态的分子进入另一组力学状态的概率。在这一分析中使用的统计参数是该理论的状态变量，并且有可能从实验中估计这些参数的值。因此，对于任何初始时刻，如果给出这些统计状态变量的值，该理论就唯一地决定状态变量在任何其他时刻的值。

虽然统计力学不预言气体分子的个别的力学状态，但是，由此推断说统计力学不是一个决定论的理论则是错误的。因为，首先，统计力学包含着经典质点力学的假定，这样至少在理论上，个别分子的初始力学状态唯一地决定任何其他时刻的力学状态。但更有甚者，统计力学的状态描述是按照统计状态变量，不是按照质点力学的状态变量来定义的。相对于它自己指定一个系统的状态的方式来说，统计力学是一个严格决定论的理论。

因而至少有三对对立的一般特点，以此来刻划一个状态描述的特征。一个系统的状态可以由数目无限或有限的状态变量来指定；状态变量的值可以是瞬时的，或者可以是那种表达一个系统在一个不为零的时间间隔内的性质的测度；状态变量可以是个别参数或统计参数。由于属于任何一对的取舍逻辑上独立于属于另一对的取舍，因此至少有 8 种逻辑上可能的状态描述类型。经典力学中所采用的系统状态的定义只是属于其中的一种，而其他三种类型的例子已经提到过。另一方面，现代物理科学迄今似乎还没有使用剩下的几种状态描述类型。

对状态的力学定义之可能取舍的这个简要的考查是纲要性的、不完全的。不过它是以表明经典力学不是现代物理学中唯一的决定论理论；这个讨论暗示了一个普遍的“决定论”定义，而这个定义涵盖了那些不是经典质点力学的理论。按照这个定义，一个理论是决定论的，当且仅当，给出该理论在某个初始时刻的状态变量的值，它在逻辑上就决定了那些变量在任何其他

时刻的唯一一组值。如果采纳了这一定义，则根据如下两个理由之一来否定一个理论是决定论的就不正确。这里，一个理由是，该理论并没有确立起它所提到的每一组量在不同时刻的值之间唯一的一一对应；另一个理由是，理论状态变量的实验测量值没有精确地符合理论运算值。

应该指出，适合于一个既定的经验题材的“系统状态”的定义，必须在对那个题材提出了一个合适的“因果”理论之后，才能提供出来，[①] 这一点很重要。回想一下，本章开头在阐明一个决定论的系统的概念时，我们首先按照那些属于某一个类 K 的性质来定义一个系统 S 的状态。那时为了弄明白 K 并不是由 S 所具有的一组任意选定的性质构成的，我们已经言说甚多。这个讨论也阐明了 K 不可能是 S 的所有性质的集合，但愿是因为这样一个状态定义实际上是无用的。也不能把 K 一般地等同于 S 的一切可观察性质的集合。因为假定，如果 S 在两个不同的时刻显示了同样的性质，那么 S 在这两个时刻处于同样的状态，作出这一假定正如科学史已多次表明的那样，是不安全的。因此，一个系统可以在两个不同的时刻显示同样的可观察特性，然而在那两个时刻，系统在其理论性质上是不同的。这样，只要根据某个公设的“因果”理论，我们就能决定哪些变量可以算做状态变量。

由此推出这一结论：当说一个因果理论相对于该理论所使用的状态描述是一个决定论的理论时，人们不过是在说一个自明之理。因为正如我们已看到的，一组变量算做一个系统的状态变量的类，仅当相对于那些变量所定义的一个状态描述，存在

---

① 这里是在本章开头所解释的意义上来使用“因果的”这个词，这样，一个理论是因果的，如果它把某一组量的时间变化率与其他的量联系起来。

着一个决定论的理论。[1] 不过，虽然这样说是不言而喻的，但这样说并非毫无价值。相反，这个陈述——每一个因果理论相对于它自己对于一个系统状态的指定是决定论的——提醒我们注意这个重要的论点：如果一个因果理论在某种意义上被表征为"非决定论的"，那么，这个所谓的非决定论就必须按照某些把该理论所采用的状态描述辨别出来的专门特点来阐明。这一点将指导着我们考查作为非决定论理论的现代量子论的特征，以及指导着我们考虑所谓的"因果性原则"的逻辑地位。

然而，同时我们也可以这样来总结迄今为止进行的讨论，即通过说对一个物理系统的状态的力学定义存在着真正的取舍，而且发展出决定论的物理学理论的可能性并不依赖于使用力学状态变量。

三、量子力学的语言

先前的讨论怎样暗示了现代量子力学的所谓的非决定论呢？让我们首先回想一下提出这个非难的通常理由。

1. 量子论首先被引进来说明一些关于热辐射现象和光谱现象的实验定律，而根据经典的辐射理论，这些现象显然是无法阐明的。然而，为了把在物理光学、结晶学、化学以及许多专门的研究领域中碰到的事实囊括进来，量子论最终被修改和推广了。在其最近的形式上，可以以两种数学上等价的方式来发展

---

① 说 $v_1, v_2, \cdots, v_R$ 是状态变量，或说集合 $[v_1, v_2, \cdots, v_R]$ 构成一个状态描述，也就是说存在着函数 $f_i(v_1, v_2, \cdots, v_R)$ 以使 $dV_i/dt = f_i(v_1, v_2, \cdots, v_R)$（这里 $i = 1, 2, \cdots, R$）而且这些函数表述该理论所设定的关系。参见菲利普·弗兰克：《因果律》，维也纳，1932年，第145页以下。

量子论——按照首先由海森堡引入的矩阵代数，或者按照与薛定谔的波动方程相联系的形式系统。我们将用后一种表述作为我们讨论的基础，虽然实际必须忽略该理论的一切技术细节以及支持它的实验证据。量子论通常是按照一个模型来阐述的，而且它明显地设定了几种不同的亚原子"粒子"和"过程"。如同在一切理论的情形中、尤其是在微观理论的情形中一样，支持量子理论公设的经验证据在逻辑上是不完备的，而且是由演绎长链和许多次级假说与根本假定联系起来的。此外，经验证据也不是绝对精确地符合从该理论推导出来的数值定律，虽然偏差一般来说还是落在实验误差的极限内。在这些方面在量子论中并没有什么新颖的东西。

然而，对该理论的实验证据的标准诠释却得出了这一结论：在某些情形中，所设定的一些亚原子元素（如电子）具有表征粒子的性质，而在其他的情形中，它们则显示了表征波的性质。量子论的基本元素的这种表面的"二象性"是该理论的一个突出标志，而且成为众多的困惑和思辩的根源。但是，正是从量子论的那个称为"海森堡不确定性关系"的假定中逻辑地推出的那一组公式成为了量子论的一个基本特点，这一特点促动了对物理学中的决定论的目前讨论，并且成为通常把量子力学看作"非决定论"理论的理由。海森堡不确定性关系之一是由公式 $\Delta p\Delta q \geqslant h/4\pi$ 来表示的。在这个公式中，变量 p 和 q 一般读作电子或其他亚原子元素的"动量"和"位置"的瞬时坐标，h 是普朗克常数。另一方面，"Δp"被解释为离动量在某一时刻之平均值的色散系数（或偏差系数，有时又称为"不确定性"），对"Δq"的解释类似。因而这个公式断言，在任何既定时刻，一个亚原子"粒子"各自的动量和位置的色散之积绝不小于 $h/4\pi$。这样，可以把海森堡不确定性这个公式解释为，如果以较大的精确性来测量这两个坐

标之一，那么，对这个共轭坐标要同时得到一个任意精确的值是不可能的。例如，如果 q 趋近于零，那么 p 必定很大，从实际的目的来看，是无限的。因此，如果一个测量使我们能够很精确地确定一个电子在一个既定时刻的位置，那么，没有任何测量能够给该粒子在那个时刻的动量(因此速度)指派一个精确的值。

由于不确定性关系，量子理论是非决定论的，导致这个结论的论证通常采取如下形式。要以不受限制的精确性确定基本粒子同时的位置和动量原则上是不可能的。其实，不确定性关系断言，一个粒子在任何既定时刻的位置和动量不是互不相干的，而是这样的联系以致于一个严格界定的空间位置不相容于一个严格界定的速度。因此，量子力学方程不能在一个时刻的精确的位置和动量以及在另一时刻的精确的位置和动量之间确立起一个唯一的对应。不过，量子论能够算出一个粒子具有一个既定的位置时它具有一个指定动量的概率，反之亦然。因此，量子论在其结构上不是决定论的，相反，它在内容上内在地是统计的；这个理论的确定无疑的巨大成功，必须被看作是表明"因果性原理"在亚原子过程的领域中是不可应用的。[①]

在审视这个论证及前结论之前，值得简要地提一下物理学家对亚原子元素的不确定性关系和"二象性"所提出的一些注解。对不确定性关系的一个广泛持有并貌似合理的诠释是，不确定性关系表述了在亚原子粒子和过程的某些特点上的相对大但内在地无法预测的变化，这些变化是由这些粒子与用来测量那些特点的仪器的相互作用产生的。例如，海森堡声称，在测量大规模的对象时，由于由此产生的扰动量相对较小，故可以忽略

---

① 参见理查德·C·托尔曼：《统计力学原理》，牛津，1938 年，第 187 页；也可参见 P·W·布里奇曼：《一位物理学家的反思》，纽约，1950 年，第 135 页。

由测量它们的过程在那些对象上所产生的效应。另一方面，在亚原子物理学中：

> 观察者和对象之间的相互作用引起被测系统中的无法控制的巨大变化，这是因为原子过程的不连续性。这种情况的直接后果是，由于被测系统的不可控制的扰动改变了先前确定下来的量，所以一般来说，用来决定某个数量的每个实验都使得对其他数量的知识落空。①

另一方面，赋予电子这样的元素的波—粒二象性往往被认为是表明：按照传统的时间和空间概念对量子力学的形式系统的诠释存在局限。例如，有人认为，作为一个普遍的分析方案，我们必须放弃通过指定时空上加以确定的个体的性质和关系来描述自然的这样一种长期为人所知的实践；有人劝告我们要放弃这一希望，即把"一切现象"解释为"时间和空间中的对象之间的关系"。其实，有人已论证说，因果性原理之所以不能应用于亚原子过程，乃是因为这一事实：虽然亚原子过程不能以这种方式来描述，但该原理的每个应用却都假定了这种描述的可能性。但是如果在亚原子领域放弃传统的描述和分析方式，那么，这个主张就继续道，我们就能避免把波—粒二象性赋予电子，并且同时就能保留因果性原理。这样，又按照海森堡的观点，一方面，以时空术语对原子过程的描述；另一方面，因果性原理对原子过

---

① W·海森堡：《量子论的物理原理》，芝加哥，1930年，第3页；也看N·玻尔："现在，这个量子公设意味着，对原子现象的任何观测都将涉及到与观测中介的不可忽略的相互作用。因此，既不能把日常意义上的独立的实在赋予原子现象，也不能把它赋予观测中介。"——《原子论和自然的描述》，伦敦，1934年，第54页。

程的确实有效性：

> 代表原子现象的并协但又相互排除的方面。这种情况在这个已被发展起来的理论中清楚地反映出来。存在着一个精确的数学定律体系，但是不能认为这些定律表示存在于时间和空间中的对象之间的简单关系。量子论的可观察预言是可以以这样的术语来近似描述的，但不是唯一以这样的术语来描述的——波和粒子的图像都具有同样的近似有效性。原子过程的这一图像的不决定性是“观测”这一概念的不决定性的直接后果——决定（只要不是任意地）要把什么对象看作是被观测系统的一部分，什么对象看作是观察者的仪器的一部分，并不是可能的。在该理论的这一公式中，这种任意性经常使得利用相当不同的分析方法来处理一个单一的物理实验成为可能。

由此海森堡提出了如下二难推理。我们可以把量子论方程解释为以通常的时空术语对亚原子过程的描述，但是（按照不确定性原理）这要以放弃对那些过程进行决定论的说明为代价。另一方面，我们可以保留决定论的说明，但是这要以放弃这一可能性为代价，即能够把量子论方程解释为指称那些在时间和空间中被定域化的个体和过程。这个二难推理的这两个触角都涉及到在研究物理过程的传统方式上的根本性的重新调整。

2. 可是，尽管对不确定性关系和赋予电子的波—粒二象性之根源的解释具有高度的权威性，但如此阐述的这些评注既不很清楚也不具有说服力。

a. 首先考虑这一主张：不确定性关系表示被测物体和测量仪器的相互作用所产生的“不确定性”，因此，在亚原子物理学中，除了以一种任意的方式外，无法维护在“被测者”和“观测者”之间的经典区分。这个主张有时被这样提出来，好像不确定性关系是对为了检验量子论而进行的公开的实验室测量进行纯粹事实考察而得出的结论，因而好像它们是在纯粹归纳的根据上得到担保的，不依赖于人们是否接受量子论。但实际上，这样一个论点是本末倒置。因为当电子与测量仪器相互作用时，据说电子所受到的“无法控制”且“不可预言”的变化并不构成支持不确定性关系的证据，相反，它们不过是从不确定性关系引出的推理的一部分。如果我们问问自己我们有什么理由认为这种变化是无法控制、不可预言的，如果我们提醒自己由测量仪器在被测对象中所产生的扰动在经典物理学中是充分地认识到的，那么，这就很清楚了。然而，在经典物理学中，借助于已确立起来的物理定律，原则上就能精确地估计这样的干扰程度，结果，单是干扰这一事实并不导致不确定性关系。可是，按照海森堡不确定性关系，甚至在原则上也算不出对电子的测量在电子上所产生的变化，因为在这种情形中电子经历了“无法控制”的变化。因此，所说的这种变化实际上是不可预测的主张不可能是只从实验室测量的事实中得出的归纳结论。它是一个立足于不确定性关系的结论，因而也是根据量子论的假定得出的结论，而不确定性关系正是从那些假定逻辑地推导出来的。

而且，有必要指出，海森堡不确定性关系并没有对比如说一个电子的位置坐标可以被测量的精确性提出限制。不确定性关系只是对位置和动量的坐标这二者同时的值能够由测量来确定的精确性提出了限制。因此，尽管假定在一个电子和用来测量它的仪器之间存在着相互作用，可是单独地看待的这个电子的

每个坐标原则上都能绝对精确地加以测量。因此,根据这一理由——当电子被测量时,在它们之中会产生干扰——断言电子同时的位置和动量不能无限精确地加以确定,这很难说是连贯的。总之,这种无限制的精确性的不可能性是从不确定性关系中得出的,而不是像有时所认为的那样,只是从一些熟悉的实验事实得出的,这些事实关系到“观测”仪器对“被观测的”测量对象所产生的影响。

b. 现在,让我们转到海森堡对通常赋予电子、质子等亚原子元素的那种“二象性”之根源的解说上去。表面上来看,海森堡的这一论点是令人困惑的,即传统的时空概念不适合于“描述”亚原子过程。因为人们忍不住要问,如果不是用时空术语来描述,那么要待描述的亚原子*过程*另外又会是什么样的呢? 不过有可能的是,海森堡的评注的要点只是被他的晦涩的表述掩盖起来了。其实,有理由怀疑他的评注的真正要点是:当把电子等等说成是“粒子”或“波”时,这些表征基本上是在某些形式类比的支配下被使用的,但实际上是不能这样来解释的。亚原子物理学所设定的元素不能以时空术语来描述,不是因为时空概念之不合适,而是因为在经典物理学中,在那些术语对宏观对象所确立起来的熟悉意义上,电子、质子等等不是粒子或波,这是可能的吗? 不管海森堡的评注的实际意图是什么,这个建议似乎都值得追究。如果这个建议有价值,那么,通常对不确定性关系的诠释不仅需要修正,而且也需要限定量子力学不是决定论理论的这一观点。因此我们将更严密地考察量子论的语言,目的是为了使这些问题得到更清楚的阐明。

i. 量子力学的数学形式系统是首先在经典物理学中发展起来的形式系统和记法的产物和改编。因此量子论所设定的亚

原子元素通常是以这样一种语言来描述的，这种语言也是惯常用来描述经典力学中的质点的语言。尤其是，在量子论中与电子相联系的某些坐标也被称为“位置”坐标和“动量”坐标。因此，经典物理学的语言用于表述量子力学的假定，往往就应该产生这一印象：按照量子力学的电子概念，一个电子在每一时刻既具有一个确定的位置又具有一个确定的动量，这是很自然的。另一方面，按照不确定性关系，使用这一语言的那些人通常就觉得要补充说：不过，要以不受限制的精确性决定一个亚原子“粒子”同时的位置和动量，这是不可能的。从这一点要到达这一结论只是一步之遥，这个已明显地蕴含在所采用的语言中的结论是：虽然亚原子粒子在所有的时刻的确都具有一个确定的位置和一个确定的动量，但要发现这些坐标精确的同时的值是内在不可能的。不管怎样，这个结论通常充当了支持如下主张的一部分根据，即：量子力学是非决定论的。

不过，如果量子力学的确使这个结论成为必然，那么，这种情况就比牛顿力学中由绝对空间假定所提出的那种情况更加令人困惑。虽然牛顿力学排除了根据任何力学实验来区分相对于绝对空间的静止和匀速的可能性，但牛顿理论的确为鉴定相对于绝对空间的加速运动提供了一个确认的标准。而且，牛顿力学原则上并不排除这种可能性：能够设计某个非力学实验（如光学实验）来区分绝对静止和绝对匀速。另一方面，如果根据以上结论来解析量子论，那就要求我们断言：虽然在理论上，一个电子在所有的时刻的确具有确定的位置和动量，但是，当对一既定的时刻确定精确的位置时，没有哪个实验能够发现动量的甚至是近似的值。因此，不足为奇，把以上结论作为具有可靠根据的结论而接受的那些评注者往往会认为，量子力学要求至少部分放弃可证实性理想——这个理想已经支配了如此之多的现代物

理学的发展。

然而，这个令人困惑的状况很大程度上似乎是这样一种行为的结果，即把电子和所设定的其他元素表征为"粒子"，但是又忽视了这一事实——这种表征是立足于在经典力学的数学形式系统和量子力学的数学形式系统之间的那种至多只是部分的类比。其实，作为"粒子"的电子的语言在某些语境中是由作为"波"的电子的语言取代的，因为各个这样的类比都只是部分的，在各方面都失败了。但是，相反，把电子表征为"波"也是立足于在经典力学的符号结构和量子力学的符号结构之间的这种部分的类比。因而对量子论的许多描述是由这两种谈论方式的一个不总是得到流畅调和的混合方式来表述的，而这两种谈论方式没有一个是合适一致的，或者，没有一个完全摆脱了令人误解的联想。当然，毫无疑问，"粒子"和"波"的术语是有启示的，而且具有启发价值。不过，这种术语的用处不要使我们隐瞒这一事实：它是被类比地使用的，因而不要在字面上来进行解释。

ⅱ. 让我们更仔细地来考察这一点。量子力学的基本假定是借助于高度复杂的数学符号来表达的。在量子论的薛定谔型式中，具有一般经典的"波动方程"形式的微分方程起着中心的作用。正如在一切理论的情形中，必须为出现在这个数学形式系统中的非逻辑词项提供协调定义，这样就可以从这个理论推导出实验上可检验的陈述。一旦这种协调定义得到阐明，量子论的经验内容就暂时确定下来了。另一方面，正如在前面一章中已论证过的那样，以一种多少"形象化"的方式，为量子论提供一个将论证其结构内容的"模型"，就严格的逻辑来说并非是本质的。不过，对量子论来说，有这样的模型便具有了许多心理上的优点。这样，以这种模型作为其目标，由于经典力学和量子力学在形式结构上存在着某些类似，物理学家往往就会以经典地

设想的粒子和波的语言来表述量子力学的内容。[①]

然而，量子论的任何模型都必须满足该理论的形式方程。这些方程**隐含地定义**出该理论的任何模型设定的亚原子元素和过程。因此，无论设定的那些元素具有什么进一步的可以设想的特性，那些元素至少必须具有由量子力学方程所规定的形式特性。这样，由量子论的基本公设逻辑地衍推的任何公式，比如说海森堡不确定性关系，实际上也是隐含定义，这种定义对量子论的任何模型的构成要素施加了限制。总之，没有任何假设系统是量子论的充分合适的模型，如果该系统的某些特点不满足不确定性关系的话。

因此推出这一结论：如果变量"p"和"q"——它们必须满足不确定性关系——分别被解释为一个电子的"动量"和"位置"的度量，那么，即使把这些名称用作电子的可测量特性的名称，但是还是不能把这些特性等同于"动量"和"位置"这两个词在经典力学中被使用时所指谓的特征。因为明显的是，虽然"p"和"q"在量子力学中被称作"动量"和"位置"的坐标，但是这两个词现在是以一种不同寻常的意义被使用的。在经典力学中，这两个词是这样被使用的，以致于一个粒子必定总是具有一个确定的位置而且同时具有一个确定的动量，并且，在经典力学中，位置和动量都能以不受限制的精确性被确定。在这种用法中，说一个粒子有一个确定的位置但是没有一个确定的动量，或者说发现其中一个但不是另一个的精确值逻辑上是不可能的，这样说是毫无意义的。但是在量子力学中，这些词的合法化的使用就明显不同了。因此，如果根据量子论的假定，把一个电子说成是

---

① 在《量子力学导论》的一段引文中，L·泡林和E·布赖特-威尔逊极清楚地阐明了这一点，见本书第112页注①。

一个“粒子”，具有由符号“p”和“q”所表示的量，而这些量的同时的值甚至在原则上也无法无限精确地确定，那么，要么“粒子”这个词是在某种皮克威克的意义上被使用，要么在这些词的熟悉的经典意义上，这些符号是不能代表动量和位置的。

iii．一个类似的结论是由尼尔斯·玻尔竭力主张的，虽然他是出于截然不同的考虑。[①] 我们将简要地陈述他的论证。让我们把对一组公设的一个解释称为一个“一致完备的”解释，如果(a)一个解释被指派给公设中所采用的每个非逻辑词项；(b)对这些公设的每个应用语境，这个解释都保持不变。在一个一致完备的解释的情形中，绝不可能出现这种情况，即要么一个非逻辑词项在某个语境中没有得到解释，要么它在不同的语境中得到不同的解释。现在按照玻尔的看法，根据亚原子模型(该模型的元素具有宏观对象的通常属性，如精确的位置和速度)对量子力学的形式系统提出的一个一致完备的解释，必然要把一种矛盾的“二象性”赋予那些亚原子实体，这样它们就既具有粒子的属性又具有像波那样的属性。因此，如果要避免这种矛盾，就必须放弃这种解释的试图。另一方面，把粒子属性和像波那样的属性赋予电子的理由是：支持量子论的经验证据如果是通过使

① 但是其他杰出的物理学家也论证支持这一点。例如，海森堡指出，“不确定性关系指定了粒子图景能够应用的极限。对‘位置’和‘速度’这两个词的使用，如果超越了由不确定性关系所给出的那种精确性，就像没有对其规定意义的那些词的使用一样是毫无意义的。”——同前引，第6页。冯·诺意曼评注说，在量子力学中，在词项“p.q.”和词项“q.p.”之间进行区分是毫无意义的，如果是在经典力学所指定的意义上来解释这两个词项的话。(J·冯·诺意曼：《量子力学的数学基础》，德文版，柏林，1932年，第6页；英文版，普林斯顿，1955年，第9页)而薛定谔则声称，“量子力学所指称的这个对象……不是在这个词的旧含义上的一个物质点。……物质点的概念经历了相当大的变化，这一点既不应该引起争辩，也不该机智沉默地把它忽略掉(如同在某些地方所做的那样)，尽管我们还没有透彻地理解这种变化。”——埃尔温·薛定谔：《科学和人的气质》，纽约，1935年，第71—72页。

用为了谈论经典粒子和波而发展起来的语言来描述，那是最方便不过的了。其实，支持任何理论的经验证据都必然取自于宏观领域；在描述任何实验组织或实验观察时，除了使用那种由经典物理学的术语合适地加以补充的日常经验语言之外，我们别无选择。不过，按照玻尔的判断：

> ……在不同的实验条件下得到的证据是不能在一个单一的图景之内得到理解的，而必定在这个意义上是互补的，即：只有现象的总体才能竭尽关于对象的可能信息。①

因此，虽然无法给出一个令人满意的、基于一个单一的模型对量子力学的一致完备的解释，但是，对于该理论所应用的每个具体的实验情景，这个理论都能够得到令人满意的解释。

更明确地说，玻尔的观点是：存在着这样的实验情景，在这种情景中，能够给"一个电子的位置"这一表达式指定一个确切的含义；存在着其他的实验情景，在这种情景中，"一个电子的动量"这一表达式可以得到有意义的使用；但是不存在这样的实验情景，在这种情景中，能够给予"一个电子的位置和动量"这一表达式以一个实验含义。因此，按照玻尔的分析，之所以不可能给共轭坐标(例如那些被称作"位置"和"动量"的坐标)赋予精确的同时发生的值，乃是由于如下两个事实：其一，每个坐标能够被解释，不是一致地且一劳永逸地对每个语境，而是不同地对量子论所能运用的每一种实验情景；其二，并不存在任何这样的语

① 尼尔斯·玻尔："与爱因斯坦讨论原子物理学中的认识论问题"，载于《阿尔伯特·爱因斯坦：哲学家—物理学家》(P·A·希尔普编)，伊利诺斯，1949年，第210页。

境，在这种语境中，能够给两个坐标同时赋予一个实验上有意义的含义。适合于测量所说的一个电子的"位置"的这样一种实验安排，因此是在一组有限的语境之内来确定"一个电子的位置"这一短语的意义的；对于"一个电子的动量"这一短语情况也类似。然而，这两种实验情景并不重叠，因此必须把它们加以区分。总之，由于无法制定能够使这两个短语都能够同时得到解释的实验安排，由此可平常地得出，没有任何测量能够给两个共轭的同时发生的坐标指定精确的值。但是也由此得出：当把"粒子"、"动量"、"位置"这些词运用于量子力学之中时，是不能按照那些词在经典力学中被赋予的含义来解释它们的。[①]

ⅳ. 如果我们回想一下在历史上发生的熟悉的语言对新用法的另一个重要适应，这就是"数"这个语词从其原来的语境中作为基数和序数的名称逐渐扩展到它当前的用法，即作为一个更为广泛的数学实体领域的名称，那么我们就能更清楚地理解这个结论了。众所周知，加法和乘法的运算以及其逆运算，首先是与基数相联系而发展起来的，最终才被用来定义基数的种种性质（如奇数和偶数、素数、完全平方，等等）。但随后"数"这个词逐渐被用于基数的比值（通常被表达为分数），这大概是因为某些运算是能够对比值定义的，而这些运算极其类似于熟悉的基数运算。这样，比值就可以"相加"和"相乘"；比值的这些独具特色的运算显示了一定的关系模式，从要点上来说，这些模式抽象地类似于基数的加法和乘法所显示的模式。例如，不论是对基数还是对比值，加和乘都是可交换的和可结合的运算；比如说，$a+b=b+a$，$a+(b+c)=(a+b)+c$。另一方面，比值相乘

---

① 尼尔斯·玻尔："与爱因斯坦讨论原子物理学中的认识论问题"，载于《阿尔伯特·爱因斯坦：哲学家—物理学家》（P·A·希尔普编），伊利诺斯，1949年，第232—235页。

总有一个倒数，也就是说，一个比值与第二个比值相除总是得出第三个比值，但通常对把“零”比值作为除数是有限制的。这与基数相乘的情况就不同了：一个基数被第二个基数相除不总是能得到第三个基数。而且，虽然能够对比值定义某些形式上类似于基数性质的性质，但基数有种种得到定义的性质，而在比值中则没有与此相似的性质。比如说，比值和基数都可以是完全平方。然而，虽然问一个既定的基数是不是奇数是很有意义的，但对一个既定的比值提出类似的问题却毫无意义，正是因为“是奇数”这个谓词恰好没有对比值定义。在这点上，值得指出的是，我们在回答这个问题，比方说 2/3 是不是奇数上的无能为力，既不是由于我们知识的暂时不足，也不是由于比值有某种天生不得而知的性质；我们的无能为力是由于这个并不惊奇的事实：对比值来说，这个问题没有确定的含义。

扩展“数”这个词以涵盖比值和基数，对这个引申的合理根据的这些简要观察显然也适用于“数的概念”的进一步的外延——扩展它以包含类型更加不同的数学实体，如无理数、虚数和所谓的“符号数”。此外，这些解说对于如下理由的认识也是有关的，即为什么已经赋予某些数学运算以从算术的角度来看是熟悉的那些名称，即使这些运算既不是在“数”这个词的引申意义上对数进行的运算，而且在许多方面在形式上也不类似于那些像这样来命名的算术运算。例如，已经对某些类型的称为“矩阵”的有序数集定义了一种称为“乘法”的运算。这种运算是结合的，但一般来说不是交换的，这样在某些方面它像算术的乘法，但在另一些方面又不像。乘法因此不总是交换的，这个赤裸裸的陈述其实含有一个显著的矛盾现象。但若一个疑难是由这样一个陈述产生的，那么，只有当人们忽视了一个事实时那个疑难才会产生，这就是，虽然在其原来的意义上，“乘法”这个词的

确指示一种交换运算,但这个词已经适用于新的用法。这个词所命名的运算在新的语境中就不是它在旧的语境中命名的运算了。不过,如果把这个词保留为对这两种运算的名称,那么这样做的理由就在于,尽管在这两种运算之间有重大的差别,但仍然也有重要的类似。

在量子论中,就必须认识到"位置"、"动量"、"粒子"和"波"这些词是从经典物理学中借来的。它们引入量子力学,是由新旧理论之间的重要的形式类比引导的;它们扩展到这个新的领域,这已经推进了量子力学的表述,暗示了新的研究路线。不过,当把这些词应用于新的语境时,必须按照量子力学公设对其应用所施加的限制来理解它们,而不是按照它们在经典物理学中确立起来的含义来理解它们。因此,由于支配这些词之应用的规则在这两个语境中不是等同的,这样在量子力学中它们的含义便不可能等同于它们的那种更为人所知的历史含义。因此,正如量子力学的某些评注者所做的那样,假设通过改进实验技术,我们或许就能确定电子的位置和动量的精确的同时发生的值——在由当前的量子力学所确定的"位置"和"动量"的意义上,这样假设就大错特错了。这个假设是与如下猜测不相上下的,即通过更热情的研究,我们或许最终能发现比值 2/3 是不是奇数。这个假设忽视了一个关键之处:由于不确定性关系,"一个电子的位置和动量的精确的同时发生的值"这一短语在量子力学中没有确定的含义。

虽然海森堡承认这一点,实际上甚至坚持这一点,但是,当他声称(在前面所引用的那一段落中),如果一个实验决定某个数量(如一个电子的确切位置)的值,那么,"它就使得对其他数量的知识落空"(如关于电子动量的值的知识)时,他也就成功地忽视了这一点。因为如果"一个电子的位置和动量的精确的同

时发生的值"这一表达式没有得到定义，那么在这种假定的情形下也就没有要被知道的动量了。因此，如果正如这一分析指出的，不存在着成为知识对象的像电子的动量这样的东西，那么，要理解对一个电子的所谓动量的知识怎么可能是"虚幻的"，那也是困难的。[①]

四、量子理论的非决定论

因此仅仅是根据这一理由，即不确定性关系排除了电子和其他亚原子"粒子"的同时发生的"位置"和"动量"的精神值的可能性，还不能把量子力学有效地表征为非决定论的。如果上述考虑还有些价值，那么，这两个词在量子力学中所具有的含义不同于它们在经典力学中所具有的含义。不确定性关系断言是共轭地"不确定的""位置"和"动量"，是在经典力学中受精确的数值决定支配的粒子的自我同一特性，这样当经典力学具有决定论的结构时，量子力学并没有这样的结构，作出这样的结论因而是不合逻辑的。

1. 而且，在对量子力学的非决定论结构的通常论证中，有一个进一步的一点值得注意。这个论证不言而喻地假设，像经典粒子物理学一样，量子论把一个系统的状态定义为每个属于该系统的粒子的位置和动量的瞬时值的集合。如果这个假定是

① 按照海森堡的主张——亚原子物理学已经使得"观察者"和"被观察者"或者"主体"和"客体"之间的经典区分成为问题——也会得出类似的评注。这个主张只有根据如下假定才可理解，即这个区分的各项在量子力学中有确定的含义，而且这个含义是与在经典力学中的含义相同的。但我们现在有充分的理由向这个假定挑战。

可靠的，那么，无疑它就会确立起这个论证想要证明的东西。因为，由于无法对任何时刻指定如此定义的一个系统的状态，因此甚至要在原则上计算这个系统在任何其他时刻的状态显然也是不可能的。但其实量子力学并没有以这种方式来定义一个系统的状态。因此，虽然必定有人同意相对于这样一个状态描述来说，量子力学不是决定论的(注意，这种状态描述被假定是按照作为状态变量的位置和动量来定义的)，但这并没有得出这一结论：量子力学相对一个被不同地定义的状态描述来说不是决定论的。

其实，对量子力学基本方程的考查表明，量子论所使用的状态定义完全不同于经典力学中的状态定义，但是，相对于它自己的状态描述形式，量子论是决定论的，它是决定论的含义，一如经典力学相对于力学状态描述是决定论的。然而，量子论中所使用的状态描述格外抽象；虽然很容易分析它的形式结构，但显然不适宜对它进行一种非技术性的、直观上令人满意的说明。不管怎样，在薛定谔的表述，即波动力学表述中，量子论把某个函数即所谓的“Ψ函数”采用为一个系统的状态描述。这个函数的自变量一般是“位置”和“时间”的坐标。这个函数必须满足所研究的系统的基本波动方程；在对此定义了这一函数的整个区域上，它必须是连续、单调，且是有穷的。但是，对目前的讨论尤其重要的Ψ函数的特点是，如果在某一初始时刻对该区域的每个点给是该函数的值，那么薛定谔波动方程就决定了该函数在任何其他时刻的唯一一组值。因此，相对于由Ψ函数所定义的量子力学的状态描述，量子力学完全是一个决定论的理论。

但是Ψ函数代表什么呢？它是如何被解释的呢？它不能按照某个可以形象化的模型来解释，该模型的运动的部分是经典粒子或波。正如业已指出的，一切这样来解释量子论的试图都得出这样的模型，这种模型的组成要素具有既是粒子又像波

的“二象性”。不过，根据经典模型是不可能得到一个一致完备的解释的，这对量子力学的有效应用来说并不是致命的。像物理学中的许多其他理论一样，量子力学是借助于种种变量和函数来表述它的假定的，而大多数这样的变量和函数既不与一种图像相联系又不与那些可以鉴定的实验概念相联系。而且，也正如其他物理理论中的情形一样，按照实验中可观察的现象得出的协调定义，一般来说不是提供给量子力学的那些单独地来看待的基本变量和函数，而是提供给它们的某些组合。尤其，不是把一个解释给予 Ψ 函数本身，而是给予这个函数所进入的某一数学结构。

简明扼要地说，对 Ψ 函数的标准解释如下：在“复数”这个词的专门的数学意义上，Ψ 函数一般来说是复数；但是一个数学构造是可以从它的实数部分形成的（它的绝对值的平方）。这样一来 Ψ 的绝对值的平方就被解释为对其定义了 Ψ 函数的系统（如由一个氢原子的原子核和单独一个电子构成的系统）的基本构成要素在空间的各个点上的**几率**。[①] 然而，对 Ψ 函数的这个解释还是相当形式的，尤其是按照我们先前的讨论——这个讨论论证说，诸如“一个电子的位置”这样的量子论表达式中的“位置”这个词是在一种多少是皮克威克的意义上被使用的。因此让我们略为详细地追寻这个问题。

虽然 Ψ 函数是量子力学的状态定义，但是 Ψ 函数以及与其振幅的平方相联系的几率归根结底只是辅助参数，它们在量子论中起着中介的作用。它们是重要的，因为它们使计算种种

---

① 更严格地说，如果 q_1、…、q_k 是一个系统的位置的坐标，这样在一个既定的时刻，Ψ 函数能被写作 $\Psi(q_1、\cdots、q_k)$，又如果 a_1、…、a_k 是一个确定点，那么 $\Psi(a_1、\cdots、a_k)$ 的绝对值的平方是处于状态 $\Psi(a_1、\cdots、a_k)$ 的基本组成要素在点 a_1、…、a_k 的几率。

其他的几率成为可能。例如，量子理论的公设详细说明原子只是在一定的能量状态上才产生；可以从由原子构成的物理系统的基本的波动方程中推导出原子的可能的能量层次。然而，借助于 Ψ 函数，我们也能算出处于既定的能量状态的原子具有某一平均直径的几率。而且，量子理论详细说明了，当一个原子以一既定的波长进行辐射或吸收辐射时，它要从一个能级跃到另一个能级。可是，借助于 Ψ 函数就有可能算出这种辐射的几率，因而就有可能推导出在由原子所发射的辐射谱线中能量的分布。另一方面，可以把根据实验上有意义的概念而得出的协调定义提供给这样的理论表达式，比如说，"原子的平均直径"，"从一个能级向另一个能级跃迁的几率"。因此，从量子论中得出的推导，例如以上提到的推导，是能够诉诸实验检验的。

这个简要的解释也许会表明由 Ψ 函数所定义的理论状态描述是通过一个迂回曲折的路径而与观察素材发生联系的。Ψ 函数本身没有得到按照亚原子模型而进行的解释；Ψ 的振幅的平方被解释为亚原子模型中的基本构成要素的一个几率分布函数；这样一来与 Ψ 相联系的这些几率便进入了种种其他几率的计算之中；而后者中的一些最终由对应规则与某些实验概念协调起来。

现在让我们来问：如何确定一个系统的量子力学状态呢？显然，我们不能直接通过实验观察来确定，但是以上勾划的程序必须在某种意义上被颠倒过来。在把 Ψ 函数指派给一个既定的系统时，不管怎样我们必须采纳一些关于几率分布的中间假定，而这些几率分布是只有间接地通过经验证据才能证实的。因此，在经典力学中，当状态变量与该理论所设定的个体的性质相联系时，在量子力学中，状态变量是与所设定的元素的统计性质相联系的。这样，实际观察只是与理论预言近似一致，这个事

实在两种情形中以不同的方式得到解释。在经典力学中，这种偏差被归咎于缺乏关于该系统的初始状态的精确知识。在量子力学中，这种偏差也是部分地按照实验误差来解释的，但这个解释的另外一部分则在于指出，那些把一个系统的理论状态与实验资料协调起来的规则和假定包含着一个无法排除的统计成分。[①]

尽管量子力学相对于 Ψ 函数所定义的状态描述来说是决定论的，但也正是由于这一理由，一些杰出的物理学家认为量子论"就其本质来说是非决定论的，因此是统计学的东西"。[②] 这个表征无疑是合适的。它成功地表达了这一根本点：在如下重要的意义上，量子论是"非决定论的"，即量子力学的状态描述是与统计解释相联系的，它的预言是立足于统计假定。另一方面，绝对不要误解这一表征，也不要从它引出没有根据的推理。因此让我们简要地向自己提醒一下一些本质的事实。

首先，被解释为几率分布函数的，不是 Ψ 函数本身，而是其振幅的平方。这个 Ψ 函数并不比傅立叶热传导理论或麦克斯韦电磁理论中的统计描述更像一个几率函数。这个 Ψ 函数"代表"物理系统的一个抽象特点，一个严格地决定了与那些系统相联系的某些几率的特点。然而，在量子力学中，由于 Ψ 函数只是通过作为 Ψ 的绝对振幅的平方的这一函数，因此是通过由这个引申的函数所决定的理论几率才起作用的，这样就可以方便地把 Ψ 看作是一个准统计状态变量。

其次，只有根据如下假定把 Ψ 的绝对值的平方解释为一个几率函数这才是可以理解的，那就是，某些亚原子过程形成统计系综，而对这种统计系综，作为相对频率的几率的概念是适用

---

① 参见 M·普朗克：《物理学哲学》，纽约，1936 年，第 65—66 页。

② M·波恩：《原子物理学》，伦敦，1935 年，第 90 页。

的。因此，必须认为这个 Ψ 函数只是相对于那些过程的一些统计性质才表征了那些过程。这样，当一个既定的性质明显地被断言为是被那些亚原子系综中的个别的基本构成要素所具有时（比方说，当说一个电子具有一量值处于一指定区间的“动量”时），必须把这种陈述理解为省略的表述。经过合适的引申和阐明，关于一个电子动量的例证性陈述其实是断言：(a) 具有指定量值的一个动量在一大类电子中以一定的相对频率出现，或者 (b) 具有指定量值的一个动量在一个相当长的时间间隔内被一个既定的电子以某一相对频率显示。总之，如果这个与 Ψ 函数相联系的解释是一个统计解释，那么完全立足于那个解释的一切预言也必定是统计的，而且不可能是对个体的非统计性质的预言。这样，对如下结论是不存在任何保证的，即：因为量子论并不预言电子和其他亚原子元素的详细的个别行为，所以，这些元素的行为“本来就是不确定的”，是“绝对机遇”的显示。在其当前的表述中，量子力学并不描述个别电子的详细行为，也不预言它们的个别轨迹，这当然是对的。然而，如果量子论的基本假定只具有统计内容，正如对它们的标准解释实际上所表明的那样，那么可以完全从那些假定引出的一切结论同样也应该只具有统计意义，这既不令人惊奇，也不是矛盾的。如果结果不是这样，倒反而是令人惊奇和矛盾的，除非通过另外的规定或规则补充那些假定，以便允许从新增加的这组假定中推出非统计的结论。

另一方面，由于量子力学的状态变量不像经典统计力学的状态变量，是不能按照任何可得到的、只采用非统计状态描述的决定论理论来分析的，所以往往把量子力学表征为一个“本质上统计的”理论。因此，即使量子论在系统地说明、协调和预言大量的实验事实上取得了辉煌的成功，但一些杰出的物理学家（包

括普朗克、爱因斯坦和德布罗意)已对它表示了严重的不满,他们的理由是:就量子理论的目前形式而论,它是“对真实事物的不完备的表达”。例如,爱因斯坦把他的保留意见表示如下:

> Ψ 函数所描述的无论如何不能是单个体系的状态;它所涉及的是许多个体系,从统计力学的意义上来说,就是“系综”。如果说,除去某些特殊情况,Ψ 函数只提供可量度的量的统计数据,其理由不仅在于量度操作带进了一些只能在统计上掌握的未知元素,而且也因为 Ψ 函数在任何意义上都不描述一个单一体系的状态。不管单个体系有没有受到外界的作用,薛定谔方程都决定着系综所经历的时间变化。……但现在我要问:难道真有哪位物理学家会相信,我们永远丝毫也不能洞察到各个单个体系中,各个单个体系的结构中,以及它们的因果联系中的这些重要变化,而不管威尔逊云室和盖革计数器这些奇迹般的发明已经把这些单个事件展示在我们眼前这一事实吗?要相信这一点,在逻辑上是可能的,并且不会有矛盾;但是,它同我的科学本能非常格格不入,我不能放弃对更完备的概念的探求。[①]

---

① 阿尔伯特·爱因斯坦:“物理学和实在”,载《富兰克林研究所杂志》,第221卷(1936年),翻译后重印于《我的晚期岁月》,纽约,1950年,第89—91页。中译本见《爱因斯坦文集》(商务,1983年)第1卷第366—368页。爱因斯坦对他的这一主张——量子力学是不完备的——技术性的阐述,包含在A·爱因斯坦,B·波多尔斯基和N·罗森的文章“能够认为物理实在的量子力学描述是完备的吗?”,载《物理学评论》,第47卷(1935),第777—780页。

不管怎样，明显的是，爱因斯坦对那种不同于量子力学的理论的偏爱是无可争辩的。对他的这一信仰要提出连贯的证据（不管是正面的还是反面的）也是不可能的，这个信仰就是，他所偏爱的这种理论终将获胜。在这点上，未来无论如何都是不可思议的。而且，值得注意的是，把量子力学表征为“不完备的”，这是基于一个一点也不自明的假定，即，总有可能构造一个在其他方面令人满意的理论，对于这个理论来说，能够给出一个一致完备的解释。原则上可以以这样一种方式来描述在这一解释中所使用的模型的组成要素，这种方式类似于在种种经典物理学理论中所采用的方式，亦即这种描述是借助于个别状态变量而不是统计状态变量。当前量子论的这种所谓的不完备性好像是在于这一事实：量子论只是表述亚原子过程的某些统计性质，但对那些过程中的个别元素的详细行为则没有说些什么。因此对不完备性的诋毁似乎是从某个其他理论的角度作出的，这个理论被以一种一般的方式设想，它所采用的状态变量不同于当前量子力学的状态变量，而更像经典物理学的状态变量。但是，这样一个二者择一的理论是否一定能发展出来，它最终是否会取代目前的量子理论，这是没有保证的；几乎一切今日的物理学家都公然怀疑这种可能性在不远的将来会实现。

不过，没有任何决定性的理由认为——正如许多头面物理学家似乎认为的那样——当前的量子力学所例证的这种“非决定论”理论会永远在这儿停留住。对这个主张的一个论证乃是基于约翰·冯·诺意曼确立起来的重要定理。按照这个定理，不能通过引入定义一个系统状态的额外的“隐参量”来补充当前的量子理论，在这里，引入“隐参量”的目的是把量子理论转变为一个非统计的理论，同时又得不到从这个经过增补的理论中引出的、与大量的实验资料（这些资料是如此感人地证实了量

子理论)不相容的推理。但是冯·诺意曼定理只是表明,只要我们仍然停留在目前量子理论的基本思想框架内,并且按照其规则来解释实验资料,那么,以这种指定的方式对量子理论的修正是不可能的。冯·诺意曼没有证明——其实他也无法证明——一个令人满意的非统计理论(该理论具有当前的量子理论的范围,但是是按照截然不同的方针构造出来的)在逻辑上被排除掉了。的确,现在得不到这样一种二者择一的理论,构造这样一个理论所遇到的困难是难以对付的。同时,种种稀奇古怪的、没有完全预料到的高能"基本粒子"的实验发现已经引起人们去注意量子理论的严重局限,因为当前的量子理论并没有对这些粒子提供恰当的说明。由于物理学中这种新"危机"的刺激,物理学家们其实近来已试图发展出那些摆脱了冯·诺意曼定理之禁忌的非统计理论。这种尝试涉及到一些技术问题,只有专业物理学家才能对这些问题提出有法定资格的意见。但训练有素的物理学者正在进行这种尝试,这个事实的确表明当前亚原子理论的这种"本质上统计"的形式不一定就是在这个论题上的定论。①

2. 许多物理学家已逐渐确信量子理论是物理学的逻辑上基本的部分,在科学的其他方面获得的成果都要按照它的基本思想来理解。因此,不管什么定律(甚至那些关于宏观对象和事件的定律)归根结底都是统计的,最终,一切自然过程都是"反因

---

① 在其《量子力学的数学基础》(德文版柏林 1932 年,英文版普林斯顿 1955 年)中,冯·诺意曼给出了对他的定理的证明,参见第 4 章第 2 节,第 167—173 页。对这个定理以及在正文中触及到的其他问题的讨论,参见 D·玻姆:《现代物理学中的因果性和偶然性》(伦敦,1957 年);L·德布罗意:《物理学中的革命》(纽约,1953 年)第 10 章;S·科纳编:《观察和解释,哲学家和物理学家的专题讨论会》(纽约和伦敦,1957 年)。

果的”，这个观点已变得广为流行。

早在量子力学出现之前，查尔斯·皮尔士就强有力地拥护过这一观点：一切物理定律只是表达平均规律性或统计规律性。①波耳兹曼在热力学第二定律的统计解释方面的工作看来必定是证实了这个论点。维也纳的物理学家埃克斯纳以一种独立的形式复活了皮尔士的思想，② 接着，他又促进薛定谔按照新近的物理学发现发展了这个思想。③ 但不管怎样，一切物理定律基本上都是统计的和反因果的，这一观点已经得到了爱丁顿的肯定，其中，他把它作为现代量子理论的一个直接推理。爱丁顿声称，“无论在何处都不存在严格的因果行为”。“由于任何东西从一开始就涉及到几率，所以要诱骗现代物理学以完全决定论的方式来预言任何东西，那是不可能的。”④

支持这个主张的论证是什么呢？看来是这样的。宏观对象是亚原子对象的复合结构。因此前者的性质和关系是在这样的条件下产生的，这些条件可以按照后者的安排和相互作用来表述。但是确立起来的亚原子对象理论是统计的和非决定论的：就我们所知，亚原子对象的行为只显示统计规律性。这个论证由此推断说，由于宏观对象的行为是由它们的亚原子构成要素的行为复合而成的，所以宏观对象显示的规律性也只是

---

① 查尔斯·S·皮尔士："考察必然性学说"，载《一元论者》，第2卷(1892年)，重印于《查尔斯·S·皮尔士文集》，坎布里奇，1935年，第6卷，第28—45页。

② 弗朗兹·埃克斯纳：《自然科学的物理基础讲座》，维也纳，1919年，第657、696页以下。

③ 埃尔温·薛定谔："什么是自然律？"，载《科学与人的气质》，纽约，1935年，第133—147页。

④ 阿瑟·S·爱丁顿：《物理世界的本质》，纽约，1928年，第309页；《科学的新路径》，剑桥，1935年，第105页。也见J·冯·诺意曼：同前引，德文版第172页，英文版第326页以下。

统计的。

但这个论证并不那么恰当，即使人们忽略在把量子理论表征为"非决定论的"时存在的含糊性。由于关于自由和责任感的大量哲学问题往往被认为取决于这个论证所断言的结论，所以我们必须更审慎地来考察这个论证。不管怎样，如果是在由实验测量得到的数据只是近似地而非绝对精确地确认数值定律的意义上来理解这一结论，即一切物理理论和定律都是"统计的"，那么，这个结论是平常的，尽管它是真的。我们已经讨论过这一问题，无需再进一步考虑它。但是我们必须回想一下这样一来我们在如下二者之间做出的区分：一方面，一个陈述实际上所断言的东西；另一方面，经验证据与这个陈述的断言内容相符合的精确性。我们现在想审视的主张是：一切物理定律在内容上都是统计的，这究竟断言了什么？

在对这一主张的论证中所隐含的一个假定是：如果一个理论（如量子力学）是统计的，那么从这个理论引出的每一个结论必定也是统计的。虽然这个假定一般来说是可靠的，但它也存在一些例外。比如说，当该理论中的各个统计参量的协调定义把那些参量与非统计的实验概念联系起来，以致于可以推导出一种显然是非统计的实验定律的东西时，例外便产生的。

一个例子将阐明这一点。普朗克辐射定律表述能量在一个黑体的实验上连续的光谱中的分布，断言与一既定波长的辐射线相联系的能量是那个波长和黑体温度的某一函数。[①]表面上

---

① 如果 E_λ 是与波长为 λ 的一条辐射线相联系的能量，T 是辐射黑体的绝对温度，h 是普朗克常数，c 是光速，k 是玻耳兹曼气体常数，那么普朗克辐射定律由下式给出：

$$E_\lambda = \frac{hc^2}{\lambda^5}\left(\frac{1}{e^{hc/kT\lambda} - 1}\right)$$

看，这个定律没有作出任何统计断言。通过测量光谱上各个位置的能量(例如，通过把一个敏感的测辐射热仪放置在光谱上的某一位置，记录温度，然后借助于其他定律算出能量)，从而确定在每个位置的能量值是否具有这个定律所要求的值，就能对这个定律进行实验检验。但是这个定律可以从一组复杂的假定推出，这组假定应用于由一个黑体的辐射构成的系统，它包括量子力学公设以及统计力学和热力学的公设。这个实验定律的导出其中便取决于几个协调定义。这些定义之一比如说便把温度的非统计实验概念与黑体振荡器的平均动能这个理论统计概念联系起来。另一个协调定义则把能量的非统计实验概念与具有某一波长的振荡器的统计决定数目这个理论概念联系起来。

由这个例子说明的这一点值得进一步讨论。像其他理论一样，引入一个统计微观理论乃是为了说明宏观对象的那些可以在实验上鉴定的性质(经常称之为"宏观状态")的产生。这样一个理论设定了一组相互间可以处于种种规定关系之中的微观元素。我们把一个系统的微观构成要素的各个在理论上可能并可以区分开来的"安排"称为该系统的一个"微观状态"。这个理论是按照关于微观状态变化的假定来说明系统的宏观状态之产生的，这样这个说明就取决于微观状态和宏观状态之间对应的制定。可是这种对应通常是这样来指定的，结果对于一个既定的宏观状态，不是只有一个微观状态与之对应，而是有大量不同的微观状态与之对应。比如说在气体运动理论中，气体的温度(宏观状态)对应于该气体的分子的平均动能；但是对于一个既定的平均动能值，则有大量不同的微观状态与之相容(这里每个微观状态是由一组特定的分子的位置和速度的值来描述的)，这样一个既定的宏观状态就对应着许多微观状

态。[①] 让我们假定该系统的各个宏观状态 M_i 对应于微观状态的一个类 m_i，又假定这些类 m_i 并不重叠。进一步假定属于 m_i 的一个微观状态在一既定时刻 t 的发生并不决定一个唯一的微观状态在某个略晚的时刻 t′的发生，但是它的确决定一个属于某个类 m_j 的微观状态的发生，这里 i 和 j 之间的精确关系由这个微观理论指定。这样一来这个理论相对于微观状态来说就是一个统计理论，微观状态只是以一种统计规律性相继发生的。但这根本不表明宏观状态的演替也只是显示统计规律性；相反，该系统的宏观状态可以按照严格全称的非统计规律相互联系起来。因此作出如下推断便是不合逻辑的，即，因为量子力学是物理学的所有其他部分的基础，但是它是一个统计理论，所以可以从量子力学推出的一切物理定律也必定是统计的。

可是还有另一个假定，这个假定虽然有些含糊，但在对一切物理定律都是统计的这一主张的论证中，它似乎是一个不言而喻的前提。按照这个假定，如果一个系统可以分析成为一个具有若干基本构成要素的结构（不管这些构成要素是“绝对”简单的还是“相对”简单的），那么这些构成要素在某种不清楚的意义上就比这个复杂系统更“基本”，或者“形而上学地优先于”这个复杂系统。这或许意味着，在对任何复杂事物的论述中，没有任何性质或特性具有无可争辩的地位，除非也能够把那个性质断言为是构成该事物的“基本”元素的属性。尤其是，虽然一个关

---

① 因此，假设恰好有 4 个分子，每个都具有单位质量，每一个都能够占据 8 个位置中的任何一个位置，每一个又都可以有每秒 1 英尺或每秒 2 英尺的速度。那么不同的微观状态的总数目是 $4^{10} = 1,048,576$ 个。如果这 4 个分子的平均动能是：

$$\frac{(1^2 + 2^2 + 2^2 + 1^2)}{(2 \times 4)} = \frac{5}{4}$$

这与 $6 \times 4^8 = 393,212$ 个微观状态中的任何一个都相容。因此一个单一的宏观状态即气体的温度对应着几乎 400,000 个不同的微观状态。

于宏观对象的定律看似具有一个统计内容，但若可以从关于一切自然过程的根本要素的一个本质上是统计的理论中推导出这个定律，则其内容“实际上”是统计的。

但如果这就是这个被广泛持有的假定的涵义，那么很难认真待之。其实，要是这个假定是可靠的，那么要按照宏观对象的基本部分来发展对其行为的理论说明就毫无意义。因为根据那个假定，宏观对象要具有无可争辩的性质，只有当那些性质也表征了它们的基本组成要素时才行。可是，由于宏观对象的假设的构成要素是否确实具有某些特性这一问题除了通过观察宏观对象及其性质之外是无法解决的，由此产生的恶性循环是无法摆脱的。而且，按照那个假定，宏观对象的基本构成要素就只是这些对象的小型副本，它们具有一切正要对其寻求说明的特性。其实，当一个理论根据微观元素来说明宏观对象的行为时，必须假设那些把宏观对象的显性和微观元素的某些其他特性联系起来的特殊定律。如果那些显性——虽然它们不表征事物的基本的构成要素——并不像那些基本元素的特性那样是世界的无可置疑的特点，那么，假设这种特殊定律就是荒唐可笑的。

最后，应该指出的是，即使我们毫无疑问地接受那些有利于量子力学所设定的亚原子元素的不确定性行为的最极端的主张，但这种不确定性在宏观对象的任何可以在实验上检测的行为中并没有显示出来。其实，甚至在分子的运动中——更不用说在具有较大质量的物体的运动中——从量子力学推算出来的理论不确定性比实验精确性的限度要小得多。正如德布罗意观察到的，亚原子过程的理论不确定性与大尺度现象的“表现决定论”一点也不矛盾。因为那种不确定性“完全由实验过程中引入的误差掩盖起来，每个事物因此都是这样地发生的，好像那种不确定性根本上不存在似的。……实际上，也正如在实验中一样，

每一事物都是这样地发生，好像……存在着严格决定论似的。”①

因此，量子力学的统计内容并未取消其他物理定律的决定论的和非统计的结构。这样，关于人的自由和道德责任感的结论，当基于亚原子过程的所谓“非因果的”和“非决定论的”行为时，不过是建立在沙滩之上。无论是对物理理论的分析还是对物理学的研究题材的研究都得不出这一结论：“无论何处都不存在严格的因果行为。”

五、因果性原理

量子力学的辉煌经历已被广泛地称颂为论证了所谓的“因果性定律”对于亚原子过程的不可应用性，并被认为它象征着这个定律作为一个普遍有效的原理的衰落。② 因此有必要简要地讨论一下这个定律的内容、它的逻辑地位，以及对它的全面崩溃的宣告是否得到了担保。

因果性定律或因果性原理通常区分于种种特殊的因果律或因果理论，例如经典力学理论。但是对它并不存在着一个普遍接受的标准表述，对它断言什么也没有普遍的一致。通常认为这个原理比任何特殊的因果律的范围都要广泛。另一方面，一些作者则认为它是与特殊的因果断言相匹敌的一个陈述，虽然它所断言的是贯穿整个自然的一个特性，而不仅仅是一个有限的研究题材的特点。别的人则认为，与特殊化的因果律相比，它居于一个较高的层次；他们认为这个原理断言的是某种关于定

---

① L·德布罗意：《物质和光》，纽约，1939年，第230页。

② 参见W·海森堡，同前引，第63页。

律和理论的东西，而不是关于定律和理论的研究题材的东西。还有一些作者把它看作是一个进行研究的调节原理，而不是对事件和过程之间关系的一个表述。一些人认为它是一个归纳概括，一些人相信它是先验的和必然的，另一些人则把它看作一个方便的准则，是对一种决定的表示。由于如此之多的不同概念都被归结在“因果性原理”的名称之下，于是，目前关于它的“崩溃”的主张所引起的讨论，便和这些主张本身一样模棱两可，犹豫不决，这就不足为奇了。

1. 甚至只是详细讨论在几个世纪的争论中对这个原理提出的主要表述，也不会是有益的。而且，虽然当代作者提出的对这个原理的几个陈述具有相对明了的优点，但这些陈述主要是联系着归纳推理的辩护问题提出来的；[①] 考虑这些表述这对目前的讨论来说并不恰当。但简要地考察一下如下观点却是有益的，即因果性原理是一个关于自然之构成的经验概括。

对这个概念的一个熟悉而又有影响的陈述是由约翰·斯图亚特·穆勒给出的。依穆勒之见，自然的均一性原理（穆勒对因果性原理的称呼）断言，“自然中存在着诸如平行的情形这样的东西；所发生的事情在情况充分相似的条件下又会发生”。[②] 虽然穆勒坚信这个陈述具有经验内容，但毕竟它取决于人们如何去理解“在情况充分相似的条件下”这一表达式。什么时候情况充分相似呢？情况之间的表面的相似显然是不够的。而且，两组情况甚至可以为训练有素的观察者判定为相似的，但一个结

---

① 参见 J·M·凯因斯：《论概率》，伦敦，1921 年，第 3 部分；R·卡纳普：《概率的逻辑基础》，芝加哥，1950 年，第 178 页以下；B·罗素：《人的知识》，纽约，1948 年，第 6 部分。

② J·S·穆勒：《逻辑系统》，伦敦，1879 年，第 3 册，第 3 章，第 1 段。

果可以随一组情况发生却不随另一组情况发生。例如，糖和水的两种溶液甚至在仔细的检查下可能也不显示任何感觉得到的差异，虽然一种溶液可以使传导光的偏振面沿顺时针方向旋转，另一种溶液则使之沿反时针方向旋转。因果性原理的捍卫者必须把它作为无效放弃？根本不是这样。他可能会声称这两种溶液其实并不相似，而两种糖在其原子结构上也有差别，即使支持这种所谓的差异的独立证据应该是得不到的。但不管怎样，明显的是，“情况的充分程度的相似”这一表达式是这样被使用的，以致于只要两组情况有类似的结果，就说它们是充分相似的。根据那个假定，穆勒对这个原理的表述没有经验内容，而只是具有规定性定义的地位。

但难道不能赋予这个短语一个意义，以便使因果性原理成为关于“自然秩序”的一个地地道道的事实断言吗？要是不给因果性原理以一种不如它的穆勒变种那么普遍的形式，则确定这样一个意义的试图还是没有成功。对因果性原理的更专门化的表述的一个典型例子是由拉普拉斯提出的，这个例子在本章的前一部分已引用过。拉普拉斯假定经典力学是普遍的自然科学；因而在对这种情况的阐述中他采纳了状态的力学定义，在他所谈到的这种情况中，如果事物要具有相似的结果，则它们必须是相似的。因此，因果性原理的拉普拉斯变种断言，如果一个物理系统在任何两个不同的时刻处于同样的力学状态，那么，在那些时刻之后，这个系统将经历同样的演化，在那个演化中的相应时刻它将具有一切共同的性质。

不过，甚至按照这种表述，因果性原理也碰到了困难。首先，认为一个系统的力学状态决定该系统的一切性质，这正如本章先前的讨论明显表明的那样是错误的。其次，对因果性原理的这一表述几乎与其穆勒变种一样缺乏经验内容，像穆勒变种

一样，这种表述似乎符合每一个可能事态。例如，假设一个系统被判定在两个不同的时刻处于同样的力学状态，尽管如此，但该系统在相应的后继时刻并不显示同样的性质。可是，尽管它与事实明显不相容，因果性原理不必被摒弃为虚假的。它能够作为完全有效的而得到保留，这只需要假定该系统有隐藏的构成要素，而这些构成要素在两个初始时刻并不处于同样的力学状态。最后，虽然因果性原理看来不能为任何经验证据所反驳，但在许多物理研究领域的理论建设中它其实已被抛弃。在这些领域中，它之所以受到摒弃，乃是因为该原理的这一变种完全强调的事物的那些特性(亦即力学状态)，作为发展我们对许多物理过程的理论理解的基础，还没有被证明是合适的。因此，如果是在该原理的拉普拉斯变种所阐明的意义上来分析因果性原理，则在亚原子物理学中，不能应用因果性原理这一主张显然是得到保证的。

2. 由于这些理由，要把因果性原理看作一个关于事件和过程的深层秩序的普遍有效的归纳真理，如果不是毫无希望的，也是格外困难的。因此让我们考虑，如果把这个原理表述为研究的一个调节规则或方法论规则，它是不是会处于一种更可爱的光芒之中呢？

例如，假设把牛顿力学运用于太阳和地球的相对运动的研究，根据力函数是熟悉平方反比律这一假定，这个定律没有明确提到运动的时间，它只取决于这两个物体的质量和它们之间的距离。因此，正如众所周知的那样，地球的理论轨道是一椭圆，该椭圆的一个焦点是这两个物体的质心。可是，正如在不同的时刻由观察所确立的那样，地球的实际位置和速度由于大于实验误差的界限因而不同于这些状态坐标的理论值。其实，按照假设的这一假说，地球表现得好像力是以某种不规则的方

式随着时间变化似的：在某些时期，地球具有在很大程度上不同于它在其他时期的理论位置和理论速度的那种位置和速度，而在这种偏差上的变化又不显示出明显的样式。因此，看来牛顿理论并不太令人满意，可以设想物理学家或许会因此拒斥这个理论。

可是，如众所周知的那样，物理学家们并没有这样做。他们通过把这种偏差归咎于如下事实而说明这种偏差，即，日—地系统不是一个孤立系统，在地球的运动中事实上还存在着产生扰动的天体（如已知行星）。物理学家所采纳的方法是扩大原来的系统，那个系统起先似乎是以一种偏离牛顿理论的方式表现其行为的。更专门地说，通过把更多的物体包括进原来的那个系统，物理学家便扩大了这个原来的系统，直到在这个扩展过的系统中作用在地球上的力不再以某种不可说明的方式随时间而变化。

这个例子说明了一个标准的科学方法，这一方法在过去已经得出了比较有价值的成果。因此正是通过使用这种方法，亚当斯和勒维烈设定了以前未知的海王星的存在，随后通过望远镜对之予以鉴定，以便说明天王星运动中的"无规律性"。但是支配这个方法的内在规则却是因果性原理的这一变种，按照这个变种，因果性原理是一个研究准则，而不是一个具有确定的经验内容的陈述。如果把这个原理分析为一个准则，则这个原理就吩咐我们这样来分析物理过程，以致于能够表明它们的演化是不依赖于它们所发生的时间和位置的。更一般地说，这个准则命令我们寻找这种定律和理论，它们不含有对事件和过程所产生的时间和位置的明确指称。其实，麦克斯韦就把因果性原理陈述如下："在一个事件和另一个事件之间的差异并不取决于它们所发生的时间或位置的纯粹差异，而只取决于在有关物体

的性质、形状或运动上的差异。"[1] 虽然这一表述并没有充分阐明作为一个方法论规则的因果性原理的涵义,虽然它是按照记忆在心的对经典力学的特殊要求来阐述的,但这个原理的涵义并没有深藏在麦克斯韦的话的表面之下。在新近的一个表述中,对作为一个准则的因果性原理的解释已经被比较严格地表达出来:"每当你偶尔发现一个不完备的或受扰动的系统时,通过由近及远地首先在已知的事物当中寻找补充,竭尽所能把它扩大成一个不受扰动的系统。如果在那些已知的事物中没发现所期望的那种补充,那么就在未知的事物中寻找它。"[2]

因此,当这样来分析因果性原理时,它是一个一般化的规劝。它吩咐我们构造理论,找到那些理论能够成功地应用的合适系统,除了要求当给出一个系统在某个初始时刻的状态时(不管是用何种定义这个状态的方式),用来描述这个系统的理论必须决定它在任何其他时刻的一个唯一的状态之外,勿需对理论的详细形式施加任何约束。可是当以这种一般的方式来表述因果性原理时,这个原理公认是含糊的,它没有为实现它所推荐的目标提供任何明确的指示。其实,除非是按照某些附加的(虽然通常是不言而喻的)规定来理解这种表述,否则这个原理几乎毫无价值。为了明白这一点,考虑这个原理的麦克斯韦变种。假设某个研究领域中的过程不显示明显的规律性,这些过程是以这种方式依赖于它们所发生的时间的,结果找不到那种只指涉"有关物体的性质、形状或运动"的对这种依赖性的说明。不过,必定存在着一个数学函数把这些过程与它们所发生的时间联系

---

[1] J·C·麦克斯韦:《运动中的物质》,纽约,1920年,第13页。但在物理宇宙学上的新近发展暗示麦克斯韦对因果性原理的表述可能需要修改。

[2] L·西尔伯斯坦:《因果性》,纽约,1933年,第71页。也见E·卡西雷尔:《现代物理学中的决定论和非决定论》,纽黑文,1956年,第2部分。

起来，这一点可以得到证明；幸运的是我们可能会偶然碰上这种函数。[①] 而且，如果这个函数满足某些非常广泛的数学条件，那么甚至有可能从这个函数中排除掉对这些过程所发生的特殊的时间和地点的一切明确的指涉(因此满足麦克斯韦要求)，而又不必费心地去以上述方式扩大这些过程的系统——倘若在我们的理论中我们准备采用具有任意高的阶和任何程度的复杂性的微分方程。[②]

可是，实际上绝大多数物理学家会对这个附加条件的认同表示异议。他们会根据一个理由来拒绝承认这个附加条件，那就是：如果一个定律或理论的数学形式是如此之复杂，以致于无法出于演算和预言的目的方便地使用它，或者如果它的基本概念是如此之含糊，以致于要把它应用于具体情形会遇到很大的困难，那么就不能认为这个定律或理论是令人满意的。因此，当很一般性地表述因果性原理时，虽然它所吩咐的任务在许多情形中都可以几乎琐碎地得到执行，但如果理论要被接受为满足该原理的“真正”意图，则就要对理论的复杂性及其特征施加若干内在限制。当以“简单”、“便利”、“仍然”这样一些术语来表达

① 存在着这样一个函数，这个主张的基础不过是：如果某个量 x 对不同的时间 t 取一定的值，则在 x 和 t 之间的对应就“定义”了该函数。

② 例如，在经典力学中，受力振动的微分方程取如下形式：

$$\frac{d^2x}{dt^2}=\alpha\frac{dx}{dt}+\beta x+\upsilon\cos\omega t$$

这里 α、β、υ 是一定的常数。通过相对于时间两次微分这个方程，我们得：

$$\frac{d^4x}{dt^4}=\alpha\frac{d^3x}{dt^3}+\beta\frac{d^2x}{dt^2}-\upsilon\omega^2\cos\omega t$$

因此通过消除时间变量，最后得：

$$\frac{d^4x}{dt^4}=\alpha\frac{d^3x}{dt^3}+(\beta-\omega^2)\frac{d^2x}{dt^2}=\alpha\omega^2\frac{dx}{dt}+\beta\omega^2x$$

这个方程并不明确地包含 t。

和阐明这些限制时，它们便阻止因果性原理被琐碎地满足；但因为这些术语是模糊的，无法为之指派固定的精确涵义，所以这个原理的建议的内容本身是不精确的。不过，合适的理论是要在一种广泛的限制之内来寻求的，即使这些限制是灵活的，依赖于一门科学的现状，并且可以随着数学技术和实验技术的发展而变化，但是在一个特定时期的科学家当中，对这些限制通常至少有一个粗略的一致。[①]

但如果把因果性原理分析为已经提出的这样一种准则，那

---

① 麦克斯韦对因果性原理的表述已受到莫里茨·石里克的批判，石里克的理由是这样的：麦克斯韦的表述限制性太大，它陈述了一个充分但不必要的条件——在这一条件下，一个定律将被称作"因果"律。石里克认为我们可以设想这样一个世界，在这个世界中，一切定律都明确地包含时间，但可以认为这种定律完全是确定的。例如，在这样一个世界中，在整个时间历程中基本电荷可能不是常数，而是在某些规定的间隔（比方说在7小时之后，这样在7小时之后，然后又在5小时之后，等等）可以增加或降低其目前的值的5%，虽然还不可能有对这种涨落的进一步的说明。石里克由此推断说，一个定律是因果律的必要，而且充分的条件是它使预言成为可能，他把因果性原理表述为按照"一切事件原则上都是可预言的"这一宣言来寻求定律的命令。——M·石里克："现代物理学中的因果性"，载石里克：《论文全集》，维也纳，1938年。

但是不论是石里克对麦克斯韦的表述的批判，还是他本人提出来的对这一表述的取代，都不能完全令人满意。如同我们在正文中看到的那样，一个明确地包含时间的理论（以微分方程的形式来表示）一般可以这样来变换，以致于时间变量似乎并不出现。因此，如果表述一个在一组量的变化和时间之间确立起某种关系的理论完全是可能的，那么麦克斯韦要求就会得到满足——除非对理论的"简单性"做出某些进一步的内在规定。而且，如果认真来考虑石里克按照可预言性提出的标准，那么这个标准就会导致这一结论：没有任何定律或理论是严格因果的。因为正如我们已经看到的，借助于一个理论得出的一切实际预言至多只是近似的。而且，只有当我们能够确定必须的初始条件时，一个定律或理论才能使我们能够进行预言；如果不因此拒绝把一个理论表征为决定论的理论，在许多情形中我们并不能这样做。石里克通过他的如下限定而认识到这一点，即这种预言"原则上"是可能的。但是他的限定实际上是把可预言性问题调换为对理论结构的讨论。关于把可预言性作为因果律之标准的一般观点，参见M·普朗克：《物理学哲学》，纽约，1936年，第56—57页、第64页以下。

么很清楚，与J·S·穆勒等人的观点相反，这个原理不是一个关于世界的深层结构的经验概括，它并不是作为任何说明中的“基本的首要前提”而出现的。如果这样来解释这个原理，则它的功能是要阐明一个普遍性的研究目标，并且以一般的术语来表述那些提出来作为说明的前提被要求满足的一个条件。而且也很清楚的是，为什么按照这个解释这个原理不能为任何实验或实验系列所反驳，虽然按照经验这个原理的特殊形式会由于考虑不周而被抛弃。因为这个原理是一个指示，教导我们去寻求那些具有若干广泛界定的特点的说明；对任何特定的事件领域，屡次寻找这种说明的失败不是阻止进一步研究的逻辑障碍。

另一方面，当该原理所阐述的指示采取特殊的形式时，在获得它们的目标都屡遭失败时不理这些指示或许是明智之举。这样，如果像经常所做的那样把这个原理理解为每一个研究领域只发展这样的理论（这种理论采纳一种特殊的状态描述如经典力学的状态描述）的一个指令，那么，对这个原理的坚定信奉最终便可能成为理论创新和发现的障碍。可以抽象设想的是，除了整个宇宙之外，没有什么东西相对于要为之寻求说明的某些类型的事件来说是一个封闭系统。因此，要为这种只涉及一组有限的性质和对象的事件设计说明，而又要遵循因果性原理，这或许不是可能的。不管怎样，追求与那种类型的事件相联系的科学知识就是不可能的，而因果性原理也就变成了无用的指南。因为理论科学和实验科学都着手于这一假定：每一事物与别的事物不相干，在世界的一个部分发生的事件不依赖于在别的地方发生的事件。对与整个宇宙不相符合的孤立系统（或者在上述意义上的扩展系统）的探寻迄今向来是成功的，这是一个历史事实。其实，根据因果性原理来进行研究时我们通常表现出来的那种毫不犹豫的愿意无疑是依赖于这种高频率的成功，正是

这种成功报答了我们过去的受因果性原理指导的行动。

因此，总的来说，作为一个准则，因果性原理表达了理论科学要取得决定论的说明的这一普遍目标，而现在是在一个熟悉的意义上来理解"决定论"的：按照决定论，若给出一个系统在某个初始时刻的状态，说明性的理论在逻辑上就能确立该系统在任何其他时刻的一个唯一状态。在这个原理的最一般的表述中，它并没有为状态描述(例如经典力学的状态描述)规定一个特殊的定义，它也没有把具有某种特殊的逻辑形式的理论(如可以由微分方程来表示的理论)的发展设定为科学的目标。它没有排斥使用统计的或准统计的状态变量，因此亚原子物理学的新近发展与它的指示并不冲突。因果性原理不可应用于量子力学的研究题材，这一当前的主张只有在下述情况下才站得住脚，即只有当把这个主张解释为通过立法使得特殊类型的状态描述的应用成立，只有当一个理论对统计状态变量的使用被认为是它缺乏决定论结构的标志。

3．对因果性原理的逻辑地位的这一讨论的结果是什么呢？因果性原理是一个经验概括，是一个先验真理，是一个隐藏的定义，抑或是一个人们高兴接受或不接受的约定？

有人已经论证说，因果性原理是一个经验概括的观点是很难得到维护的。因为当以一种充分普遍的方式来表述这个原理，而又不提及它的哪些因素决定了事物和过程的产生时，这个原理并没有从世界上的事件的逻辑上可能的秩序中排除掉什么东西；实际上这个原理坍缩成为如下概念的一个隐含定义，即：是自然过程中的一个因果要素或决定因素究竟是怎么回事。另一方面，如果以一种限制性更强的方式来表述这个原理，以致于它的确提到事物的哪些特性是在自然过程中因果地起着决定作用的特性，这个原理结果就不是普遍为真的，因而只有对某些特

殊的研究题材才能被断言为是可靠的。

但如果这个原理是一条准则，那么，它是一条可以随意遵循或漠视的规则吗？理论科学在其发展中要追求什么普遍的目标，这难道只是一件任意之事吗？称之为“科学”的这门事业的确旨在于获得因果性原理所规定的那种说明，这无疑只是一个偶然的历史事实；因为逻辑上有可能的是，人们在控制其环境时，他们或许旨在于某种截然不同的东西。因此，在对知识的追求中，人们所采取的目标在逻辑上是任意的。

不过，在现代，对理论科学的实际追求是指向某些目标的，其中的一个目标便是由因果性原理来表述的。其实，“理论科学”这个短语似乎得到了如此普遍的使用，以致于不会把不受那些目标支配的一门事业归结在这个名称之下。因此，作出如下主张至少是合理的，即把因果性原理接受为一个研究准则(不管这种接受是明确的，还只是在科学家的公开行动中得到例证，也不管这个原理是比较精确地还只是模糊地被表述的)，这是“理论科学”通常的涵义的一个分析推理。不管怎样，人们可能乐于同意，当因果性原理采取一种特殊的形式，以致于它规定每一个理论对一种特殊的状态描述的采纳时，在各个研究领域这个原理或许都会被放弃。可是，要理解现代理论科学怎么会放弃由因果性原理所表示的这个普遍思想，而又不因此把那个思想转变成为与那门事业的实际面貌不相容的某种东西，那就很困难了。

六、偶然性与非决定论

迄今对物理学中决定论的讨论几乎完全是按照物理学理论的逻辑结构和这些理论所采用的概念来考察有关问题的。我们已经故意回避了一个问题，这个问题在对物理学基础的目前争

论中，在哲学史文献中表现得尤为突出，那就是：实际的自然事件本身，部分地或全部地，是不是"不完全决定的"或"偶然的"事件，本质上是统计的状态变量的使用是不是如下事实的一个推理，即某些物理过程处于偶然发生的事件领域。这就是目前将占据着我们的问题。

"偶然性"这个词臭名昭著地含糊不清。因此我们的首要任务便是区分这个词的种种含义，以便决定在这个词的任何这样的意义上，把一个事件表征为一个偶然事件与把那个事件表征为因果的或决定论的是不是不相容。

1. 对"偶然性"这个词的最熟悉、最广泛的使用或许是出现在这样的情景中——在这种情景中，某种意想不到的事件发生了，但其发生却不是一个深思熟虑的计划的结果。因此，两个外出散步的朋友不期而遇便可以说是偶然相遇。一个园丁在挖泥土种植植物时发现了一枚金币也可以说是偶然得宝。可是，单是事件的这种非预料性通常并不足以在这些情形中应用"偶然性"这个名称。如果在第一个例子中，两个朋友之一正好在他开始散步 5 分钟后遇到一个完全陌生的人，或者在第二个例子中，如果这个园丁在挖掘 10 秒钟后挖出一颗小卵石，那么，通常都不会把这些事件描述为偶然事件——即使实际上都没有预料到在 5 分钟后遇见一个陌生人这一事件或刚好在 10 秒钟后发现一枚卵石这一事件。为了把一个事件描述为偶然事件，这个事件必须具有某些惊人的特点、必须感觉到它的发生打断了一个相当确定的行动计划。但是在这种用法中，"偶然性"这个词极其含糊，无法对其应用确定清楚的界限。另一方面，通常并不认为在这种意义上被说成是偶然事件的一个事件是"非引发性的"，通常也不认为它缺乏它所产生的确定条件。例如，要是上

面提到的那位园丁了解到他发现的金币是某一位祖先埋藏的，他就没有必要一定要收回他对那个事件作为一个偶然事件的表征了；要是他发现那枚金币是一个朋友故意埋藏的，结果他的那个看似偶然的发现不过是一个明确的计划的一部分，那么他可能就会取消那个称呼，但不管怎样，"偶然性"的这个含义几乎与对物理学基础的讨论无关。

2. 在另一种意义上，要么当对于决定一个事件的条件实际上全然无知时，要么当知道这些条件属于种种可能的条件的某一个类，但不知道它属于那个类中的哪一种特定的条件时，"偶然性"这个词便被断言为一个事件所具有的属性。直到最近，天气还被看作是在这种意义上的偶然性的东西，正如：

这个短语指出的那样；一枚结构对称的硬币是正面下落还是反面下落，这依然是偶然性事件的常备例子。在第一个例子中，气候的原因是未知的；在第二个例子中，一般假定，虽然能够把决定硬币之终态的硬币的初始位置和作用于其上的力分析成为一套完整的可能性，但我们事实上不知道哪一些可能性将被实现。

在"偶然性"这个词目前的意义上，仅因为一个事件是在一定的条件下以小于 1 的相对频率发生的，就把这种事件刻划为是"由于偶然性"，这通常并不认为是充分的。例如，设以某种标准的方式掷一枚"公平的"硬币许多次，在大约一半的情形中正面朝上。可是，要是正面(H)和反面(T)的顺序具有 HTHTHTHT……，或 HHTTHHHTTTHHHHTTTT……，或甚至 HHTTHTTTHHHHTTHTTTHH……这样的形式，那么掷的结果就不会被归咎于偶然性。因为在每一个这样的序列(以及能够构造出来的许多其他序列)中，略一审视就会看出正、反面是以一个容易表述出来的规律性相继发生的。为了把掷的结果算做是偶然事件，这个

结果必然显示某种“偶然的”或“随机的”特征。对这种拟定的“随机性”已提出一系列定义，虽然不是一切定义都令人满意，一些定义比另一些定义更严格。一个颇有价值的定义是隐含定义。根据这个定义，一组线性排列的事件是随机的，当且仅当这组事件满足某些概率运算公设。但在这里，必须忽略某些进一步的细节。[1] 需要指出来的一个要点是，当说一既定类型的事件“应归咎于”目前意义上的这种“偶然性”时，关于“偶然”发生或“随机”发生的某个定义被视为理所当然的。而且，指出这一点也是必要的，即，在这个意义上说一个事件是借偶然性而发生的，这与认为它是因果的并非不相容；因为承认对决定一个事件的特定条件一无所知，这不等同于否认这种条件的存在。

3．在历史学和社会学的讨论中，如果一个事件是在“两个独立的因果序列的交叉点上”发生的，那么，通常就说这个事件是一个偶然事件。例如，假设一个人为了购买烟草而离开家，但是在路上他被从一幢楼顶上掉下来的砖击倒。那么，这个人的不幸就可以说是一个偶然事件，并非因为这个事件是“非引发性的”（其实，对那个事件的描述便指明了原因），而是因为它是在两个独立的因果序列的“交接”处发生的，其中的一个序列终止于这个人在一特定的时刻处于这幢楼的旁边，另一个序列则终止于砖块在那个时刻的运动。在一个序列中的事件并没有决定在另一个序列中的事件——要是砖块没有落下，那么，这个人就已经继续上路走到了烟草商那儿；要是那个人不处在那个特定的地方，那么，砖块就已经掉到了地面——正是在这个意义上我们说这两个因果序列是独立的。因此，这个人的受伤便被说成是偶然的，因为不管我们对这个人走路的情况的知识或我们对

---

① 对于随机性的一些进一步的解说，见以下第401页。

砖块运动的条件的知识是多么完备，没有哪一个知识体系本身足以预言这场偶然事故。

需要进一步澄清这儿拟定的"偶然性"的含义。这个尤其需要注意的概念的含义是与"独立的因果链"这一短语相联系的。这个概念显然是基于两条不同的线（或链条）相交于一个共同点的图像。在每条线上的点（或链环）的顺序按假设是由这条线的"内在"特性决定的，但不是由另一条线的"本性"决定的；这两条线的确有一个共同点，这个事实不是由单独考虑的每条线的本性决定的。但是，具体事件类似于线上的点，它们是自洽的事件——其"本性"是由它们在某一个指定的线性事件序列上的位置穷尽的，并且在这样一个序列中，一个事件的产生是由这个序列中先前的部分决定的，这个假设充其量只是一个有启发性的但不严格的隐喻，最坏则是一个赤裸裸的智力幻想。具体的事件似乎并没有这种内在的、自洽的本性；因为一个特定的事件显示数量不定的特性，并且如果我们可以相信当前的物理学理论，那么对任何特定事件的产生就有数量不定的不同的因果决定因素。因此，如果采纳这种线或链的图像来描述事件的因果关系，那么，把一个事件描述为处于数量不定（如果不是无限的话）的线的共同的交叉点上更合适。但若采纳这个比较复杂的图像，那么究竟如何来理解"独立的因果线"，这甚至从表面上来看也不再是清楚的了，因为现在每一个事件都是极其多的因果影响的交叉点。

如果我们是按照陈述之间的关系，而不是按照事件之间的关系来重新表述这个区别，那么对现在讨论的"偶然性"的含义就会得到更清晰的理解。设 S_1 是断言某个事件发生的一个陈述，例如形如"在 t 时在位置 y，x 被一块落下的砖块击中"的陈述，更一般来说，形如"在时刻 t 在位置 y，x 处于与 z 的关系 R 之中"的陈述。设 T_1 是一个理论或定律，它以一种普遍的方式陈述在那

个事件中显示出来的某一因素产生的条件和方式，但是它陈述这些条件和方式，却不管在那个事件中也包含着的其他因素出现与否；进一步假设 T_2 对这些其他的因素履行类似的任务。而且，我们将作出这一明确的假定：T_1 和 T_2 不能相互推导。为了确定我们的想法，并进行与对 S_1 所采取的一般形式尤其有关的讨论，设 T_1 断言：如果在条件 C_1 下，x 在时刻 t 和位置 y 处于状态 P，那么 x 在时刻 t' 和位置 y' 处于状态 P'。类似地，设 T_2 断言：如果在条件 C_2 下，z 在时刻 t 和位置 y 处于状态 Q，那么 z 在 t' 和 y' 处于状态 Q'。因此，给定 T_1 和一些与 x 有关的初始数据 D_x，就有可能计算出 x 在其他时刻和位置的状态；借助于 T_2 和初始数据 D_z，类似地也能算出 z 在其他时刻和位置的状态。而且，根据对 T_1 和 T_2 做出的假定，无法从 T_2 和 D_z 中算出 x 在任何时刻的状态，也无法从 T_1 和 D_x 中算出 z 在任何时刻的状态。因此可以把 x 和 z 各自的状态序列称作"独立链"，这种独立性是所假定的 T_1 和 T_2 的逻辑独立性的结果。现在很清楚，S_1 本身既不能单独从 T_1 和 D_x 推出，也不能单独从 T_2 和 D_z 推出，甚至于也不能从 T_1 和 T_2 的合取推出。之所以排除掉头两种情形，乃是因为 S_1 涉及到对 x 和 y 这两个个体的指称，涉及到对它们之间的某一关系的指称，而对这一推导提出的前提却不是这样的；最后一种情形之所以被排除，乃是因为 S_1 是一个简单的单称陈述，而 T_1 和 T_2 都是全称条件句。因此 S_1 在逻辑上是独立于 T_1 和 T_2 的，不管 T_1 和 T_2 是被单独考虑还是合起来考虑；S_1 也在逻辑上独立于 T_1 和 D_x，以及 T_2 和 D_z。因此我们可以说 S_1 所表示的事件是一个"偶然事件"——相对于由 T_1 和 D_x 所决定的状态序列，也相对于由 T_2 和 D_z 所决定的状态序列。

另一方面，如果在 T_1 和 T_2 中各自提到的条件 C_1 和 C_2 在

物理上是相容的，如果可以按照在 T_1 和 T_2 中也提到的状态 P 和 Q 来正确地分析在 S_1 中提到的关系 R，那么，一般来说 S_1 是可以从 T_1 和 D_x 以及 T_2 和 D_z 的复杂合取中推导出来的。这样一来，相对于由这个复杂的公式所决定的 x 和 y 的状态序列来说，S_1 所提到的事件就不是一个偶然事件了。由此也得出这一结论：在"偶然性"这个词目前的含义上，把一个事件表征为一个偶然事件，这并不保证那个事件是非引发性的，甚至也不保证我们对决定其发生的条件一无所知；因此断言一个事件所具有的这一属性也不是什么"主观的"东西，这样这个属性就不只是断言它的那个人的精神状态的表示了。当充分阐明这样一个判断，并且不是以省略的语言来表示它时，它要求我们使用一个关系谓词（虽然那是"客观的"）——正如街道的一边是"另一边"的断言需要使用一个关系的虽然是客观的表征一样。①

4．"偶然性"的第四种含义与刚才讨论的这种含义密切相关，但是值得予以关注。如果在一个特定的研究情景中，断言一个事件发生的陈述不是从任何别的东西推导出来的，那么，在这个意义上就可以说这个事件是一个"偶然"事件，或一个"意外"事件。这样，如果我们想借助于牛顿的万有引力理论来预言火星未来的某一位置和速度，那么我们就必须提供该行星的某个初始的位置和速度；在这个初始时刻，火星处于某一位置，正在以某一速度运动，这个事实就是一个偶然事件。当然不否认在

① 对"偶然性"的上述讨论和亚里士多德对"非本质属性"的分析之间，有一种明显的相似性。亚里士多德也采取了这一观点：一个谓词是否表达一个题材的非本质属性，那是相对于对后者的定义的。可是，他采纳了一种"绝对主义"（或"本质主义"）的定义观，因为他认为一个定义陈述一个物质的固定的"本质"或"本性"。由于这个主张依赖于从当前的知识来看不受担保、并且与本书的主要观点不相符合的假定，因此在亚氏对非本质属性的论述和以上对"偶然性"的讨论之间，是存在着根本分歧的。

某个情景中被表征为偶然事件的一个事件可以证明是某个其他事件的结果，或者更确切地说，不否认借助于合适的假定，对第一个事件进行断言的陈述可以从关于不同事件的其他陈述中推导出来(在上述例子中，借助于牛顿理论，一定可以从某个其他的初始状态中推出火星的某一特定状态)。可是，与通常的主张相反，能够进行这种推导，这一事实并没有抹杀这儿拟定的这种意义上的偶然事件和非偶然事件之间的区分。因为首先是在一个特定的情景中说一个事件是一个偶然事件的；它在某个其他的情景中不是一个偶然事件，这个事实并不妨碍它在这个特定的情景中是一个偶然事件。因此，清楚的是，(在目前的意义上)说一个事件是一个偶然事件，和说还是存在着它所发生的决定性条件或原因，这二者之间并没有什么不相容之处。其次，虽然在一个情景中是一个偶然事件的事件在第二个情景中可以不是偶然事件，但在第二个情景中必定也可以认识到某个个别的偶然事件。因为一个事件的发生被表述为一个简单的单称陈述；而只有当把合适的初始条件提供给定律或理论时，才能从定律或理论中推导出单称陈述。

可是，在“偶然性”这个表达式的目前意义上，不仅事件被表征为偶然事件，而且通过自然的引申，这个表达式有时也用于表征定律和理论。不过在这种更广泛的用法上略有模糊。有时一个定律或理论被说成是“偶然的”或“偶然”适用，如果在一个特定的情景中这个定律或理论不是从任何其他的前提推导出来的；这里，与这个词在事件的情形中的使用相比，有一个相当严格的平行。例如，据说固体的线性热膨胀定律就只是一个偶然真理，因为那时还得不到按照一个公认的物理理论对这个定律的说明。由于这一缘由，这个定律通常被认为只是一个“经验”公式，因为对它的接受只是立足于大量的直接实验证据。另一

方面,虽然理想气体的玻意耳—查尔斯也曾一度被认为只是一个偶然的经验真理,但现在一般并不是这样来刻划它的,因为能够从气体运动理论的假定中把它推导出来。气体运动理论或电磁理论这样的理论也被说成是一个偶然的假定体系,因为(目前无论如何)无法用任何更广泛的理论来说明它,因为它不是根据如下理由而被接受的,即它是得到充分证实的其他前提的逻辑推理。由于在一个既定的科学发展状态,说明的过程不能无限期地延续,因此很清楚,必定总有一些理论在这个词的目前的含义上是偶然的。科学家和哲学家,只要他们认为"根本上"或者"在最终的分析中"科学并不为什么东西提供说明,那么他们在心中就只有某种与此相似的东西;我们要理解他们是在说,接受任何确认的说明前提的根据最终不纯是论证性的。

可是,有时说一个定律或理论是偶然真理,不管这个定律或理论是否可以从某些其他假定中推导出来,这只不过是因为这个定律或理论本身并不是逻辑上必然的真理,它只有在经验证据的基础上才能得到确立。当然这就隐含地假设有一些陈述是逻辑上必然的,只需考虑它们的词项的意义就能准许其为真,而有一些陈述则不是逻辑上必然的。诸如"任何蜘蛛都不是昆虫"、"一个欧几里德三角形的内角和等于两个直角"、"一切大于2的素数都是奇数"此类的陈述是第一类陈述的典型例子,而像"任何哺乳动物都没有腮"、"运动的带电物体产生磁场"、"水在电解下分解为氢和氧"这样的陈述是第二类陈述的惯例。如果有人拒斥逻辑上必然的陈述(或"分析"陈述)和逻辑上不确定的陈述(或"综合"陈述)之间的区分,不管是因为他们相信一切真的陈述"最终"在逻辑上都是必然的,还是因为他们认为甚至形式逻辑的陈述和算术的陈述都只是得到充分证实的经验概括,抑或因为他们认为归根结底这种区分只是程度之分而不是类型

之分，那么，他们无疑看不到把一组特殊的陈述刻划为“偶然”真理的意义。[1] 但是在实际的科学实践中，这种区分随处可见，好像是坚定地立足于在确立各个研究部门中的陈述时所采用的程序之差异。因此，由于假设科学理论和定律至多只是偶然为真，所以在自然中没有任何个别的事件、也没有任何由理论或定律所表述的共存或变化模式是逻辑上必然的。如果一个“完全合理”的说明被等同于一个其说明前提是必然真理的说明，像通常一向认为的那样，那么便不可能给出对世界或对世界中的任何事件的完全合理的论述。

5. “偶然性”的最后一个含义需要注意。在这个意义上，这个词指称事件的某个“绝对”特性而不是关系特性。正是在这个意义上，一个被断言具有“偶然性”属性的事件有时被认为是“非引发性的”，这样不仅我们不知道决定其发生的条件，而且，也假定并不存在这样的条件。伊壁鸠鲁的原子自发地偏离其正常轨道的概念便是“偶然性”的这种用法的一个例证。最近，如已指出的那样，查尔斯·皮尔士根据一种极端的偶成论假定发展了一种思辨的宇宙进化论。随你的愿向后追溯对任何公认的物理定律无规律的违背的原因，皮尔士认为，“你就会被迫承认，这些原因总是应归于任意的决定，即偶然性。”[2] 依皮尔士之见，多样化总是在发生，而且，通过允许“纯粹的自发性”作为宇宙的一个特征，多样化“总是而且是在每个虽然受定律限制在狭窄界限内的地方起着作用，总在连续不断地产生对定律的无限小的背离”，皮尔士相信他能够“说明宇宙的一切多样化

---

① 最近一些哲学家已经向分析—综合之区分的这种“二元论”挑战，参见W·V·O·奎因：《从逻辑的观点看》，坎布里奇，1953年，第2章；默顿·怀特：《论哲学中的新联合》，坎布里奇，1956年，第8章。

② 查尔斯·S·皮尔士：《选集》，坎布里奇，1935年，第6卷，第36页。

和多样性"。[1] 许多当代的物理学家好像也认为亚原子过程终究是由绝对偶然性来表征的，这样，比如说，放射性物质的粒子辐射就被认为是"一个应归咎于其原子的自发分解的过程"。[2]

可是，有时说一个事件是"绝对偶然事件"，不是因为没有决定其产生的条件，而是因为虽然有这样的条件，但这个事件显示了某些"新特点"，而这些新特点不可比拟地不同于这些条件所显示的特点。因此，有时是这样来解释"偶然性"目前的含义的，即尽管可以极其精确地了解到一个事件发生的条件，但这个事件不可能从这些条件中得到预言——除非那种类型的事件实际上已经被观察到是有规律地与这些条件相联系的。于是，经常声称说，当第一次把硫酸加到食盐上时，这样产生出来的具有特殊性质的气体可能还没有被实际预言到；在这个指定的条件下气体的产生就被说成是一个偶然事件。皮尔士的偶成论把这个偶然性概念包含为一个组成要素，这也是可能的。然而，"绝对偶然性"的这个特殊含义在当代的"突现进化论"中却扮演了一个必不可少的角色；因此我们将推迟对这个含义的讨论，等到在下一章中再来考察这些学说。

还是让我们回到"绝对偶然性"的第一种含义，即缺乏决定一个事件产生的条件。除了以下要指出的几点保留意见之外，这个偶然性概念摆脱了内在的矛盾，与此相反的主张，譬如说布

---

① 查尔斯·S·皮尔士：《选集》，坎布里奇，1935年，第6卷，第41页。像伊壁鸠鲁和许多当代作者一样，为了考虑到人的自由意志，皮尔士设定了他的极端的偶成论。因此他声称，"通过假设要得出的因果关系是严格精确的——我不在乎它精确到多小，只要那是一个严格的无穷小量即可——我们就获得了把心灵嵌入我们的计划之中的空间，把它放进需要它的地方，放进作为唯一的自明之物它有资格占据的地方，那个地方便是存在之源；在这样做时，我们消解了灵魂和肉体相联系的问题"——同上引，第42—43页。

② 马克斯·普朗克：《物理学哲学》，纽约，1936年，第52页。

拉德雷的主张,[①] 一定是错误的。没有其他先验的理由排除在这个意义上的偶然性事件的可能性。另一方面,好像也没有这种事件的绝对可靠的案例。要毫无疑问地证实任何事件都是一个绝对偶然事件,这本质上来说是不可能的。因为如果要绝对可靠地表明一个既定的事件(如一个原子的分解)是自发的,没有决定性的条件,那么,就必然要表明不存在它的发生所依赖的任何东西。但是这相当于表明还不能设计出令人满意的理论来说明目前的理论已经说明的东西,此外还说明这种所谓的自发性事件。可是,虽然可以提出任何数量的证据来表明一个特定的事件的产生并不依赖于一组指定的因素,但不要因此排除掉这一可能性,即最终会发现的确决定该事件之产生的其他因素,因此或许能构造出一个理论,它能行使目前的理论所不能行使的功能。

因此,无法决定性地判定某一类型的事件是绝对偶然性事件这一假定的合法性,即使可用的证据使那一假定看起来是合理的。不管怎样,必须承认目前还不知道原子的放射性衰变只有在特定的决定性条件下才发生。因此或许那些事件才是绝对偶然的事件。另一方面,虽然当前的物理理论不是不相容于原子的衰变是通过绝对偶然性发生的这一假定,但在它的表述中它并没有专门利用这一假定。因此当前的理论也是与这个较弱的假定相容的,即在先前区分的诸种"偶然性"含义的一种含义上,这些事件是相对偶然的事件。

而且,有一个严重的困难与偶然性的这一概念相联系,而正是这个困难使得"绝对偶然性"假定是一个没有理由的假说。通常说事件是以完全偶然的方式发生的理由是,在它们发生的

① F·H·布拉德雷:《现象与实在》,伦敦,1920年,第387—394页。

序列中没有出现无论什么样的"秩序",因此无法陈述事件和它们所发生的时间之间的函数关系。可是,只有当"秩序"和"无序"这两个词是在某种选定的或限定的意义上被使用时,只有当"函数关系"被理解为意指某一类限定的数学函数时,任何一个事件序列显示了一种绝对无序的主张才站得住脚。

为了明确我们的想法,考虑一块特定的镭中的原子,假设每个原子蜕变的时间都得到记录。现在,无疑没有明显的公式把蜕变数目与蜕变所发生的时间联系起来。不过,由于按照假设,蜕变和时间之间存在着一个对应,一个把二者联系起来的数学函数因而在外延上被定义。可以构造出一个陈述这一对应的一般公式,这在逻辑上不是不可能的,即使这个公式想来应该是极其复杂的。这样,并不存在在原子蜕变的时间分布上的"绝对"无序,由于在它们的排列中显然有某种秩序。总的来说,不加限定的绝对无序概念是自相矛盾的。这并不意味着在一个系列中的每个事件不可能以一种绝对偶然的方式产生。可是,它的确意味着必须把这些事件在时间上的分布被断言具有的那种无序理解为是相对于某种类型的秩序(也许这种秩序只能模糊地加以界定)或某一类数学函数。①因此必须以相对无序(或相对随

---

① 在概率论的文献中,已经提出一些尝试来精确地定义"随机"或"无序"这个概念。这样,理查德·冯·米塞斯提出了如下定义:设 x_1、x_2、x_3…是一个非终止性的元素序列,设 Q 是表征某一些这样的元素的一个性质。这样 Q 在那个序列中的发生是随机的,如果以下两个条件得到满足:(1)Q 的相对频率收敛于某个极限 p;(2)在可以从原来的序列中选出的一切部分序列中,Q 的相对频率收敛于同一个极限 p。参见理查德·冯·米塞斯:《概率,统计和真理》,纽约,1939 年,第 32 页以下。但已有人证明第二个条件——该条件要求 p 在一切部分序列中(因而在不可数地无限数目的部分序列中)的不变性——导致了一个矛盾。因此必须修改这个要求,使 p 只是在一类可数地无限的部分序列下才是不变的。参见 A·沃尔德:"一致性、集合名词与概率演算",载《数学讨论会论文汇编》(卡尔·门格编),第 8 章。

机)这个连贯的假说来代替绝对随机的分布这个在逻辑上不连贯的假定——按照相对无序假说,一个事件序列是一个随机的或无序的序列,如果这些事件是按一种秩序发生的,而这种秩序无法从属于某一类指定的定律的任何一个定律中推导出来。另一方面,虽然某一类型的事件的发生相对于一类定律来说是随机的,但相对于某一类其他的定律来说则不是随机的。因此,如果一个事件是"非引发性的"或完全偶然的这一论点是立足于这个主张,即那种类型的事件序列在事件的发生中并不显示出秩序,那么就必须按照这种所谓的无谓只是一种相对无序这个事实来评价这个主张作为对该论点的一个支持的力量。

这个讨论的主要成果是:说一个事件"偶然发生",这一般来说并非不相容于断言这个事件要被决定,除了当把"偶然发生"理解为意味着那个事件没有其发生的决定性条件时例外。可是,我们其实不知道许多种类的事件发生的确切条件,即使我们会相信存在着这样的条件。作为这种知识的替代,我们往往能确立起事件的统计性质之间的依赖关系,而不是在个别事件或它们的个别性质之间的依赖关系。其实,在现代物理学理论中,统计状态变量的使用就是基于这一假定:虽然我们不知道理论所设定的"个别"微观元素的详细行为,但是通过考虑那些元素的种种统计性质,我们能有意义地减小我们的无知。

可是,在经典物理学(如经典统计力学)中,对设定的个体所假定的"随机"行为没有被认为是那些个体的运动的某种根本的"非因果"特性或"固有的偶然"特性的表现。相反,当我们说个体的运动是"偶然"发生的时候,其含义被明确地断言就是作为相对偶然性的"偶然性的含义,这个含义就是我们早先辨认出来的这个词的第二种含义。另一方面,在量子力学中,统计状态描述的使用被广泛地信以为是反映了某些亚原子过程的内在地不

完全决定或绝对偶然的本质。不过,这些过程是否是绝对偶然的,这个问题并不是一个具有科学意义的争论,因为如已指出的那样,量子理论与每一个可能的取舍都是相容的。认为量子力学只要求偶然性的概念,并且抱有与绝对偶然性的概念相敌意的“科学本能”的物理学家,[1] 有朝一日可能会发展出一个本质上是非统计的理论来取代目前的量子理论。要是他们的希望得以实现,物理学家们已经证实了亚原子过程的完全偶然性这一当前的信念就要逆转过来。但是在这种可能的理论尚未得到以前,绝对偶然的问题依然是没有定论的争论议题。

---

① 在给玻恩的一封信中,爱因斯坦声称,“你相信上帝掷骰子,而我则相信在物质世界中作为真实的对象而存在的完美规律,我试图以一种任性的思辨方式抓住这些规律。”——《阿尔伯特·爱因斯坦:哲学家—科学家》(P·A·希尔普编辑,伊利诺斯,1949年,第176页);也见马克斯·玻恩:《原因和偶然性的自然哲学》,纽约,1949年,第122页。

第十一章　理论的还原

经典力学不再被看作是普遍的和根本的自然科学，这已经是一个常识。它在说明大量现象以及使这些现象发生系统联系上的辉煌成功的确是空前绝后的。一切自然过程最终必定属于经典力学原理的领域，这个一度为物理学家和哲学家广泛持有的信念屡次得到如下事实的证实，即物理学的各个片断都被吸收进入经典力学中。不过，力学的“帝国主义”时期实际上到19世纪后半叶便终结了。把力学推广到尚未探究的领域，尤其是推广到电磁现象领域所面临的困难终于被承认是不可逾越的。

然而，又提出了行使一门普通的物理科学之职能的新的候选者，有时是依靠一些先验论证，这些论证类似于用来支持力学主张的论证。的确，除了为数不多的几个值得怀疑的例外，今天没有任何严肃的物理学研究者相信能够依赖先验的理由来保证任何物理学理论，或者相信能够确立起一个处于如此之高的地位的理论。而且，许多杰出的物理学家坦率地怀疑是否有可能实现一个综合性理论的理想，这门综合性的理论将按照一组相同的原则来整合一切自然科学领域，并且将充当一切并不那么普遍的理论的基础。不过，这个理想继续影响着当前的科学沉思；不管怎样，一个相对自主的理论被其他某个更普遍的理论所吸收或还原到后者，这个现象是近代科学史的一个不容置否且反复出现的特点。有一切理由相信这种还原在未来将继续发生。

本章所关注的就是这个现象以及与之相关的一些更宽泛的

问题。哲学家以及科学家一直把理论之间的还原作为一种机会，以此来发展对科学、对人类知识的限制以及对一般而论的事物之根本构成的深远解释。这些解释已采取各种形式，但这里只需提及一些典型的形式。

与物理学和知觉生理学相关的发现往往被用来支持这一主张：物理学的研究成果根本上不相容于所谓的“常识”——不相容于这些惯常的信念，即日常经验到的那些熟悉东西具有甚至要通过仔细的受控观察才能显示的特征。在19世纪，热力学向统计力学的还原被认为证明了这一点，即空间取代是可理解的变化的唯一形式，或人们在其日常生活中所碰到的事物和事件的多方面的性质不是世界的“根本”属性，甚至于也许不是“真实的”属性。但是，反过来，在为量子力学的数学形式系统发现一致的形象化模型上存在的困难，则被视为是支持亚原子过程的“神秘”特性的证据，被视为是支持如下主张的证据，即在“物理学世界”的模糊的符号系统的背后，存在着一个无所不在的“精神实在”，这个“精神实在”对人的价值来说并非是无关紧要的或是与己相异的这些价值。另一方面，按照力学来说明电磁现象的失败，力学从其早期作为普遍的自然科学的地位的普遍下降，已被认为是经典力学“破产”的证据，是在一切自然现象的研究中引入“有机的”说明范畴之必要性的证据，是支持一系列有关存在、突现和创新性这几个层次的学说的证据。

我们将不考查终止于这些相似论点的详细论证及相似内容。但一个广泛的评注对大多数主张都有关。正如在前几章中屡次指出的，由于在几个领域之间假定存在的类比，在探究一个新的研究领域时，往往采纳与在一个研究情景中已经确立起来的某些使用规则或习惯相联系的表达式。不过，其使用者并不总是注意到，当这样来扩展一个表达式的应用范围时，这个表达

式在其确立起来的意义上往往经历了一个关键的变化。因此，如果不在这个表达式所获得的新用法的特殊情景中来刻意地理解这个表达式，那么一定就会产生一些严重的误解和不合逻辑的问题。当用一个理论来说明另一个理论，或把后者还原到前者时，这种变化尤其容易产生；作为还原的结果，熟悉的表达式往往发生意义上的变化，这种变化并不总是与对还原得以实现的逻辑条件和实验条件的清醒意识相联系。因此，在还原上的成功的和不成功的尝试都带来了在哲学上重新解释物理科学的意义和本质的机会，例如在前一段中引用的那些解释。这些解释十分可疑，因为它们通常是在这种情况下被接受的，即几乎没有意识到要获得一个成功的还原必须满足的条件。因此慎重地阐述这些条件就颇为重要，对这些条件的讨论既有助于阐明科学说明的结构，又有助于合适地评价一些被广泛持有的科学哲学。考查还原的条件以及它们对科学哲学中一些未决问题的影响，是本章的中心任务。

一、热力学向统计力学的还原

在这里使用的这个词的意义上，还原是以一个(通常但不总是)对某个其他领域表述的理论来说明在一个研究领域中已经确立起来的一个理论或一组实验定律。为了简洁起见，我们把被还原到另一个理论的那组理论或实验定律称为“从属科学”，把实验或建议还原的那个理论称为“基本科学”。然而，还原的许多情形似乎是一门科学理论渐进发展中的一个正常阶段，因此很少产生严重的混乱或误解。这样，借助于一些例子，区分两种还原就是很方便的，通常认为第一种还原是不容置疑。因此我们将不予讨论，第二种还原则经常被认为是造成理智不安的

一个根源。

1. 一个理论可能最先是对由一类有限的物体所显示的一种类型的现象进行表述的，虽然随后可以推广该理论以便包含由一类更广泛的事物所显示的现象。譬如说，力学理论最先是针对质点运动(亦即那些其大小与它们之间的距离相比可以忽略不计的物体的运动)而发展起来的，最终被推广到刚体的运动以及可变形体的运动。在这种情形中，如果定律已经在更广泛的领域中确立起来(在理论发展之前，也许是根据纯粹实验基础确立起来)，那么这些定律就被还原到那个理论。然而，在那些情形中，出现在该理论原先的领域中的现象和经过扩大的领域中的现象之间，有一个显著的质的相似性。因此，质点的运动极像刚体的运动，因为在这两种情形中，运动都只牵涉到空间位置的变化，即使刚体还能显示一种质点不具有的运动形式(旋转)在谈及什么被还原所产生时，这种类型的还原通常不会引起太严重的问题。

类似地，一个宏观理论的应用范围可以从一个领域扩大到在所研究的特点上与之同质的另一个领域，这样在表述两个领域的定律时实际上使用了同样的概念。譬如说，伽利略的《两种新科学》是对地球上的自由落体物理学的贡献，这门学科在他的那个时代被认为不同于天体运动的科学。伽利略定律最终被吸收进入牛顿力学和万有引力理论，后者不仅被用来表述地球上的运动，而且用来表述天体的运动。虽然这两类运动明显不同，但描述一个领域的运动不需要采用在另一个领域中并不采用的概念。因此，地球上的运动的定律和天体运动的定律还原到一组单一的理论原则，其结果便是把两类性质上类似的现象结合成为更广泛的一个类，这个类的成员在性质上是相似的。这样

一来，还原又没有产生特殊的逻辑难题，虽然在人类看待世界的方式上它的确产生了一次革命。

在迄今提及的这种还原中，从属科学的定律不采用那些在基本科学中没有近似同义地加以使用的描述词项。因此可以认为这种类型的还原是在采用同质词汇的两组陈述之间确立起一种演绎关系。由于这种“同质”演绎通常被接受为一门科学正常发展的一个阶段，在一个科学理论所获得的成就上并不产生什么误解，因此对此我们将不予以进一步的关注。

2. 在第二种还原的情形中，情况往往就不同了。在理解一个还原的意义时通常会遇到一些困难，因为作为这种还原的结果，某个研究题材的一组有特色的特性被同化为一组极不相似的特征。在这种情形中，作为从属科学的研究题材的这些有特色的特征进入了一个理论的领域，这个理论起先可能是为了处理性质上不同的材料设计出来的，因此在其基本的理论特征中甚至并不包括从属科学的本征描述词项。这个基本科学因此好像要把熟悉的区分作为假造的东西清除掉，好像认为那些表面上看来是事物的不同特征的东西实际上是同样的。当从属科学处理宏观现象，而基本科学设定了那些宏观过程的微观构成时，由此产生的这种尖锐的神秘感尤其常见。一个例子将表明所产生的这种迷惑。

在我们的社会中，大多数成年人都知道如何用一个通常的水银温度计来测量温度。如果向他们提供这样一个仪器，他们就知道如何以合理的精确性决定各种物体的温度；按照用这种仪器进行的操作，他们理解了像“一杯牛奶的温度是 10℃”这样一个陈述的意思。一部分成年人在阐明“温度”这个词的意义时无疑不能让一个学过热力学的人满意；同样，大概也有一些成年人不能说清楚制约着他们对这个词的使用的隐含规则。不过，

大多数成年人的确知道如何使用这个词，即使只是在某些有限的情景中。

现在让我假设某个人已经完全按照对一个水银温度计的处理来理解“温度”这个词的意义。如果告诉那个人有一种物质在1500℃的温度点上熔化，他在理解这个陈述时大概会不知所措，甚至会声称别人告诉他的这句话毫无意义。为了支持这个主张，他或许会认为，由于只有通过使用一个水银温度计才能用某个温度标示物体，而在把水银温度计放近其温度略高于350℃的物体的边缘时，这种温度计就会气化，因此“一千五百度的温度”这个短语没有确定的涵义，因此是无意义的。但是，只要他对基础物理学略有研究，他对给予他的这个信息的迷惑很快就会消除。因为这样一来他就会发现，“温度”这个词在物理学中是与一组含义更广的使用规则相联系的，而不是与支配他对这个词的使用的规则相联系的。尤其，他会了解到实验科学家们使用这个词来指称物体的某一状态，这个状态的变化是由其他的方式来显示的，而不是由水银体积的膨胀来显示的——譬如说，由一个物体的电阻的变化来表明，或者由指定条件下电流的形成来表明。因此，一旦说明了那些对仪器（如热电偶——这种仪器有时用来记录称作“温度”的物体的物理状态的变化）行为之间的关系进行表述的定律，这个人就会理解在那些不能使用水银温度计的情景中怎么能够有意义地使用这个词。这样一来，这个词的应用范围的扩大就不比“长度”这个词的外延的扩大更让人迷惑不解或神秘了，而我们知道，“长度”这个词已经从使用脚步来决定长度的原始意义扩展到这一情景，即用一个标准的金属棒来取代人类有机体作为一个测量仪器。

然而，现在假设这个外行（对他来说，“温度”由此获得了一个更普遍化的意义）把他对物理学的研究深入到气体运动理论。

在这里他发现一个气体的温度是假设构成该气体的分子的平均动能。这样一来这个新信息就会产生——而且实际上是以一种剧烈的方式产生的——新的困惑。一方面，这个外行还没有忘记他早期的教训，按照这个教训，一个物体的温度是根据种种公开进行的仪器操作来指定的。另一方面，一些权威又使他确信：他现在会考虑到不能说一个气体的个别分子具有一个温度，"温度"这个词的意义"按定义"等同于"分子的平均动能"的意义。[1]面对这样一个看似矛盾的思想，他就会发现大量有关的而又无法回避的典型的"哲学"问题。

如果"温度"的意义实际上等同于"分子的平均动能"的意义，那么当一个平常人在大街上说牛奶有10℃时，他正在谈论什么呢？作出这个陈述的大多数牛奶消费者的确不是在断言任何有关分子能量的东西；因为即使他们理解并且知道如何使用这种陈述，一般来说他们并没有受过物理学教育，对牛奶的分子构成一无所知。因此，当大街上的这个人了解到牛奶中的分子时，他终于会相信他面临着一个严重的问题，即什么是真正的"实在"，什么只是"现象"。这样一来他可能会被一个传统的哲学论证说服，这个论证是说，在冷、热之间的熟悉区分（实际上，甚至于那些按照仪器操作来指定的物体的种种温度之间的区分）涉及到一些东西，这些东西是一个根本的但神秘的物理实在的"主观"显现，而在"温度"这个词的常识意义上，不能恰当地说这个实在具有温度。或者他可以接受另一个观点，该观点得到一个不同的推理方式的支持，那就是：由一个涉及到使用温度计和其他类似仪器的程序来定义的温度才是真正的实在，而物质的分子理论据以对温度进行"定义"的分子动能恰恰是虚构。二

① 参见伯恩哈德·贝文克：《科学的解剖》，伦敦，1932年，第99页。

者择一地，如果这个外行采取一条更复杂的思想路线，他可能会把温度看作一个“突现”特征，一个在自然的某些“更高的”组织“层次”上但不是在物理实在的“较低层次”上显示出来的性质；这样一来他就会寻问分子运动理论——它实际上只涉及到那些较低的层次——是否“真正地说明”了像温度这样的突现性质的产生。

这种困惑往往就是由这种还原产生的，以上例子就是这种还原的一个实例。在这种还原中，基本科学的题材似乎在性质上不连续于从属科学所研究的材料。更确切地说，在这种还原中，在它对定律和理论的表述中，从属科学采用了一些有特色的描述谓词，而这些谓词并没有包括在基本科学的基本理论词项或相应的对应规则中。第一种还原即“同质”还原可以看作是第二种还原即“异质”还原的特殊情形。我们以下要关心的正是第二种还原。

3．为了确定我们的想法，让我们考虑这种还原的一个明确的例子。热力学结合进入力学（更确切地说，统计力学和物质运动理论）便是这种还原的一个经典的、普遍熟悉的例子。因此我们将勾划这个还原得以实现的一个论证片断，按照如下假定：这部分论证足以代表这种类型的还原，因此可以充当对理论科学中还原的逻辑进行一般性讨论的基础。

首先让我们简要地回想一些历史事实。在近代，热现象的研究可以追溯到伽利略及其学派。在随后的三个世纪期间，确立起了对物体的热运动的特殊相进行处理的大量定律；借助于少量的一般原理，最终表明这些定律有某些系统的相互联系。热力学，作为处理热现象的一门科学，最终便被这样称呼，它使用了在力学中也同样得到使用的概念、区分和一般定律；譬如说，它随意利用体积、重量和压强的概念以及胡克定律和杠杆定

律之类的定律。然而，除此之外，热力学也采用了一些有特色的概念，如温度、热、熵，以及一些不属于力学基本原理之推论的一般假定。因此，虽然在热现象的探究和说明中，不断使用许多力学定律，但很长时间以来热力学一直被看作是一门特殊学科，明显地可以与力学相区分，而不是作为后者的一章。实际上，热力学通常还是被解释为一个相对自主的物理理论；勿需引入热系统的某些假设的微观结构，勿需假设热力学能够还原到某个其他的理论如力学，就能理解和证实它的概念、原理和定律。然而，早在19世纪，在热的机械等价物上进行的实验工作促进了这样一个理论探究，它旨在发现热现象和机械现象之间那种比热学定律的惯常表述所断言的关系还要密切得多的关系。贝努利在这个方向上的早期尝试重新兴起，麦克斯韦和波耳兹曼很令人满意地表明，能够从那些可以按照力学的基本概念来陈述的、有关理想气体之分子构成的假定推出玻意耳—查尔斯定律。类似地可以引出其他热学定律；熵原理或许是热力学的最有特征的假定，是一个似乎最明确地把热力学与力学区分开来的假定，可是波耳兹曼却表明，能够把熵原理解释为是对一个统计规律性的表示，这个规律性刻划了分子的聚集的力学行为特征。因此，热力学被认为相对于力学失去了它的自主性，它已被还原为力学的一个分支。

这个还原是怎么实现的呢？通过什么推理才显然有可能从一组不含有“温度”、“热”、“熵”这种词项的理论假定中推出含有这些词项的陈述呢？如果不重写一篇论述这个主题的专题论文，要揭示这个完备的论证是不可能的。因此让我们只把注意力集中于这个复杂分析的一小部分上，即从物质运动理论假定中推出玻意耳—查尔斯定律。

如果我们压缩那些无助于澄清主要问题的大多数细节，那

么,一个简化形式的推导纲要如下:设一个理想气体占据一容积为 V 的容器。假设这个气体由人量完全弹性的球形分子构成,这些分子具有同样的质量和体积,但其大小当与它们之间的平均距离相比时则可忽略不计。进一步假设这些分子处于不断的相对运动中,只受到它们之间的冲击力和容器的完全弹性的墙壁的冲击力的作用。这样容器中的分子按假设构成了一个孤离的或保守的系统,分子的运动可以按照牛顿力学原理来分析。现在的问题是算出分子运动的其他特点与由于分子不断的碰撞而施加于容器壁上的压力的关系。

但由于实际上不能确定个别分子的瞬时状态坐标,这样便无法运用经典力学通常的数学方法。为了取得进展,必须引入一个进一步的假定:一个关于分子的位置和动量的统计假定。这个统计假定采取如下形式:设气体的体积 V 被划分成大量较小的体积,这些体积相互间大小相等,但与分子直径相比较则较大;同样把分子可能具有的速度的最大范围分成大量相等的间隔。现在把每个小体积与一切可能的速度间隔联系起来,把通过这种联系而得到的每个复合称为一个"相胞"(phase cell)。这样一来这个统计假定就是:一个分子占据一个相胞的概率对一切分子都是同样的,而且等于一个分子占据任何其他相胞的概率,(受某些限制,如其中涉及到该系统的总能量的限制)一个分子占据一个相胞的概率不依赖于那个相胞被任何其他分子的占据。

如果除了这些假定之外,还规定在任何时刻分子对容器壁施加的压强 p 是从分子传递到容器壁的瞬时动量的平均,那么,就能推出压强 p 以一种极其确定的方式与分子的平均动能 E 相联系,实际上 $p=2E/3V$ 或 $pV=2E/3$。但把这个方程与玻意耳—查尔斯定律(据此定律 $pV=kT$,这里 k 对一定质量的气

体来说是一个常数，T 是绝对温度）相比，就会表明，如果以某种方式把这个温度与分子运动的平均动能联系起来，就能从所提及的假定中推出这个定律。因此让我们引入 $2E/3 = kT$ 这个公设，也就是说，一个理想气体的绝对温度正比于假设构成它的分子的平均动能。我们暂时将不探究这个公设的性质何在。但最终的结果是：当用一个有关气体的分子构成的假说（一个关于分子运动的统计假定）和一个把温度（的实验）概念与分子的平均动能联系起来的公设补充力学原理时，玻意耳—查尔斯定律是力学原理的一个逻辑推理。[①]

二、还原的形式条件

虽然只是概述玻意耳—查尔斯定律从气体运动理论的推导，不过这个纲要充当了阐明如果一门科学要还原到另一门科学则必须满足的一般条件的基础。把这个讨论分成两部分是很方便的，第一部分处理主要是具有形式性质的东西，第二部分则处理具有事实特征或经验特征的问题。我们首先考虑形式上的东西。

1. 一个明确的要求是：在还原中所涉及到的科学的公理、专门假说和实验定律，作为明确表述的陈述，必须是可以得到的，并且，构成这些陈述的各个词项具有由整理出来的使用规则或适合于各个学科的确认程序毫不含糊地确定的意义。如果这个基本要求得不到满足，那么，就很难确定无疑地判定一门科学

---

① 对这个推导的详细说明，譬如说可以参见詹姆斯·赖斯：《统计力学导论》，纽约，1930 年，第 4 章，或者 J·H·琼斯：《气体动力学理论》，剑桥，1925 年，第 6 章。

(或科学部门)是否事实上已被还原到另一门科学。而且,必须承认,由于在正常的科学实践中,几乎没有必要逐一列举在解决一个具体问题时可能涉及到的一切假定,因此这个最大明晰性要求只是在为数不多的几个实际发展起来的科学领域中才得到充分的实现。这样这个明晰性要求就是一个理想要求,而不是对既定时刻所得到的实际状态的描述。不过,在每个特殊的领域内的陈述,根据它们在这门学科中的逻辑作用,可以分成不同的群组。以下对这几组陈述的纲要式的列举并不力求完备,而只是列举一些与目前的讨论有关的比较重要的陈述类型。

a. 在高度发达的科学 S(如力学、电动力学或热力学)中,存在着由该学科的基本理论公设构成的一个陈述类 T。在 S 内的一切推导中,这些公设作为前提(或部分前提)出现。它们不是从这门科学的一个特定整理中的其他假定推出的,虽然在对 S 的其他可供抉择的说明中,可能会采用一组不同的逻辑上基本的陈述。由于 T 是为了说明实验定律和可观察事件、并进一步对它们进行直接研究而采纳的,因此对于出现在 T 中的适量的理论概念,或者对于出现在可由那些概念形式上推出的陈述中的理论概念,也就存在着一个协调定义(或对应规则)的类 R。此外,T 大概满足对一个合适的科学理论的通常要求。尤其是,T 能够系统地说明一大类属于 S 的实验定律;但 T 不含有任何这样的假定,这种假定所包含的东西并没有有意义地增加 T 的说明能力,只不过是说明了一两个实验定律;(在 T 的任何一对公设至少具有一个共同的理论词项的意义上)T 将是"简明的";T 的公设将很"简单"而不是太多。如在第六章指出的,把 T 用作指导原则或分析的方法论规则,而不是用作前提,有时是很方便的。然而,由于我们已经讨论了把理论用作指导原则而不是

用作前提而产生的问题,这些问题在目前的情景中就不重要了。

相对于 T 的陈述的普遍性而论(在第二章考查的"普遍性"的意义上),往往有可能在它们之间确立起一个等级结构。在能够做到这一点时,区分如下两个子类是有益的,一个子类 T_1 含有 T 的最普遍的理论假定,剩下的子类 T_2 含有更专门化的理论假定。最普遍的公设 T_1 通常具有这样一个应用范围,这个范围比作为一个整体来看待的理论 T 的应用范围还要广泛。因此,公设 T_1 是综合性的公设,T 只是它的一个特殊情形,而假定 T_2 是关于某个**特殊**类型的物理系统的假说。譬如说,在气体运动理论中,最普通的理论假定是牛顿运动公理,这样它们便属于 T_1;它们的应用范围显然比分子运动理论的范围要广泛得多。另一方面,每个气体是其大小可以忽略不计的完全弹性分子的系统这一公设,或一切分子都具有占据一个既定相胞的同样几率这一公设,就不如牛顿公理普遍了,因此属于 T_2。这样可以把 T_2 看作对 T_1 中的假定的可变补充,因为它们可以发生变化而不改变 T_1 中假定之内容,由于 T_1 中的假定用于不同类型的系统。譬如说,当在关于物质的不同聚集状态之性质的理论中使用牛顿公理时,就要以有关气体、液体和固体的分子结构的不同假定来补充它们。又,虽然气体运动理论在处理各种类型的气体时保留了牛顿力学的根本假定,但该理论并不总是假设气体分子的大小是可以忽略不计的;此外,该理论所假定的分子间的作用力取决于气体是不是远离它的液化点。

虽然不总是能够明确区分一个理论的比较普遍的公设 T_1 和对这些公设的那些不太普遍的可变补充,但某种这样的区分已得到公认。这样,尽管热力学已被还原到的基本科学含有其他不属于经典力学的公设,但往往说(即使只是不严格地)热力学可以还原为**力学**,这大概是因为牛顿运动公理是气体运动理

论的最普遍的假定,因此它们表述了那个包含这个理论的特殊结论的基本思想框架。而且,如果只通过修改它的不太普遍的假定 T_2 中的一个或多个,气体运动理论就能说明热力学的一些实验定律,那么就不可能有谁会对热力学对力学的可还原性提出质疑,假使力学原理作为这个经过修改的理论的最普遍的说明前提得到保留的话。

b. 如果一门科学 S 具有一个基本理论 T,那么,它也将具有作为 T 的逻辑推理的一类定理。对于这一类定理来说,其中的一些定理是可以不借助于对应规则 R 而在形式上完全从 T (实际上,往往从最普遍的公设 T_1)推出的,但只有通过使用 R 才能得到另外一些定理。譬如说,在行星运动理论中,第一种类型的一个熟悉的定理是:如果一个质点正在一个单一的向心力的作用下运动,那么,其轨道便是一个圆锥切面;第二种类型的一个定理是:如果一个行星只在太阳的万有引力的作用下运动,那么,它的面速度是不变的。

但不管 S 是不是有一个综合性的理论,一般来说它都含有一类实验定律 L,这些定律按照约定可以被认为属于 S 的特殊领域。因此,各种处理光的反射、折射和衍射的定律便构成光学的实验内容。虽然在 S 的任何既定发展阶段,它的实验定律的类 L 原则上可以明确地确定下来,但这个类往往随着研究的进展而得到增加(有时甚至被削减)。在集结起来成为 S 的一个分支的实验定律 L 和被认为属于另一个不同分支的定律之间,没有一个永远不变的分界线。因此,电现象和磁现象的密切相关不总是能得到理解;在比较陈旧的物理学著作中,虽然不是在大多数新近的著作中,关于貌似不同的现象的实验定律被划分到不同的实验研究部门。实际上,对一门特定科学领域所假设的界限,以及在把实验定律划分到不同的科学领域时起作用的理

论依据，往往都是建立在当前持有的那些理论的说明范围的基础上的。

c. 每一门实证科学都含有一大类单称陈述，这些单称陈述要么表述对科学研究的题材进行观察的结果，要么描述为了处理那门学科中的某个实际研究而制定的公开程序。我们将把这些单称陈述称为“观察陈述”，但是附加这样一个理解：在使用这个名称时，我们并不承诺任何有关什么是“真实的”观察资料这一问题的特殊的心理学理论或哲学理论。尤其是，不要把观察陈述等同于关于“感觉资料”的陈述，而“感觉资料”有时被说成是“直接经验”的独一无二的对象。这样，在这个名称的目前用法上，如下两个陈述都算作观察陈述：一个是“1919 年 5 月 29 日，在巴西北部的萨布拉尔有一次日全食”，另一个是“昨天我办公室的温度下降到 50°F 时，开关被打开了”。观察陈述有时可以表述一个理论或定律的边界条件和初始条件；它们也用来证实或反驳理论和定律。

d. 在一门特定科学 S 中，许多观察陈述是对为了处理 S 的实验或为了检验 S 中所采纳的种种假定而所需的仪器的组织和行为进行描述。因此，对这种观察陈述的断言可能暗中涉及到使用关于不同种类的仪器之特征的定律；一些这样的定律可能不属于 S 的一般公认的领域，不能用 S 的任何理论来加以说明。譬如说，在检验牛顿的万有引力理论时，通常采用与望远镜连在一起的照相仪器，这样，这种仪器的构造以及借助于它而得到的资料的解释，便把光学和化学的理论和实验定律视为理所当然的。然而，这样视为理所当然的一般假定并不属于力学科学；牛顿的万有引力理论并不自诩要说明或保证光学和化学定律。当在力学现象的研究中使用照相机和望远镜时，区分和定律是从其他的专门领域“借来的”。对于这些在一门科学 S 中被使用但

不是在 S 之内得到说明或确立的定律,我们将称之为 S 的"借用定律"。

大多数科学也含有可以证明为逻辑上为真的陈述,例如逻辑的和数学的陈述。即使我们不考虑这一类陈述,我们已经鉴定出在一门科学 S 中可能出现的 4 类主要陈述,不管这门科学相对于其他专门学科来说有多大程度的自主性:(a)S 的理论公设,可以从这些公设推出的定理,与这些公设或定理中的理论概念相联系的谐调定义;(b)S 的实验定律;(c)S 的观察陈述;(d)S 的借用定律。

2. 我们回到第二个形式要点。一门科学 S 的每个陈述都可以分析为一个语言结构,这个结构是按照隐含的或明确的构造规则从更基本的表达式中构造出来的。应该假定,虽然这些基本的表达式可以有程度不同的模糊性,但当它们在 S 中被明确使用时,则它们具有要么由习惯用法要么由明确表述的规则所确定的意义。一些表达式是形式逻辑、算术和其他数学分析部门的惯用语。然而,我们将主要关心所谓"描述性表达式",它们表示那些一般被看作是"经验"对象、性质、关系或过程的东西,而不是表示纯形式实体或逻辑实体。虽然要在逻辑表达式和描述性表达式之间提出一个精确的区分存在着一些困难,但这些困难并不影响目前的讨论。不管怎样让我们考虑 S 中的这样一类描述性表达式 D,它们并不出现在 S 的借用定律中。

一门科学的许多描述性表达式是直接从日常事务的语言中接收来的,并保留了它们的日常含义。出现在观察陈述中的表达式往往就是这样的,因为甚至在精心设计的实验室实验中所采用的大部分公开程序也可以用日常经验语言来描述。另一方面,其他的描述性表达式可能是一个既定学科特有的;它们的使用仅局限于一些高度专门化的技术领域;在那门学科中指派给

它们的意义甚至可能阻碍把它们用来描述那些可以通过直接观察或间接观察鉴定出来的东西。后一种描述性表达式典型地出现在一门科学的理论假定中。

借助于D中的其他表达式,并补充一些逻辑表达式,往往就有可能阐明D中的一个表达式的意义。这种阐明有时是以明确的约定定义的形式提供,虽然为了确定词项的意义往往需要更复杂的技术。但不管是用什么样的形式解释技术,让我们把D中的这样一组表达式称为S的"基础表达式",借助于纯粹逻辑的表达式,这些基础表达式就足以解释D中的一切其他表达式的意义。至少总是有基础表达式的一个集合P,因为,在最不利的情形中,当没有任何描述性表达式可以按照其他表达式来阐明时,这个集合P就等同于类D。另一方面,可能有不止一个这样的集合P,因为,众所周知,在一个分析情景中是基础表达式的东西在另一个情景中可能失去其基础的地位;但这种可能性并不影响目前的讨论。

然而,如果S有一个综合性的理论,有观察陈述和实验定律,那么,一个表达式的解释可以在应当指出的两个方向的任何一个方向上着手,因为一般来说,每个方向都涉及到使用一组有特色的基础表达式。

a. 让我们把在D中对那些被观察的事物、性质、关系和过程进行指称的表达式称为"观察表达式"。坦率地说,在观察表达式和其他描述性表达式之间的区分是模糊的,尤其是因为在决定什么东西才算作可观察的东西时,在不同的情景中,可以使用不同程度的严格性标准。但尽管有这种模糊性,这个区分在科学研究的日常实践中都是有用的,并且是不可避免的。不管怎样,许多解释旨在于按照观察表达式来指定描述性表达式的

意义。通过给出目前称为词项的"操作定义"的东西来确定词项的意义，这个纲领(其中为皮尔士和布里奇曼所倡导)好像已使这种解释达到了它的目标。为了以这种方式阐明 D 中的最大多数表达式，我们需要一些观察陈述，让我们把这一组观察陈述 P_1 称为 S 的"观察基元"。例如，在物理学中，"温度"的意义通常是按照气体和液体的体积的膨胀或按照物体的其他可观察行为来说明的；在这种情形中，"温度"的解释是由可观察基元给出的。

b. 让我们假设 S 具有一个能说明这门科学的一切实验定律的理论；让我们把在理论公设(除协调定义外)以及可以在形式上从它们推出的定理中所采用的描述性表达式称为 S 的"理论表达式"。许多解释目的在于通过理论表达式来指定表达式的意义；我们将把为了以这种方式阐明 D 中的最大多数的表达式而需要的这一组理论表达式 P_2 称为 S 的"理论基元"。譬如说，在热学中，"温度"的意义是借助于一些对热交换的卡诺循环进行描述的陈述才得到一个理论解释的，因此，是按照"完全绝热体"、"无限的热库"和"无限缓慢的体积膨胀"之类的理论基元来说明的。

如我们在第六章已经看到的那样，理论表达式是否可以按照可观察表达式来明确定义，这个问题已引起大量争论。如果理论表达式总是能够这样定义，那么为了偏爱可观察表达式就可以把它们排出，这样二者的区分就没有多大意义。然而，虽然对这个问题的否定回答还没有可以证明地得到证实，但一切可以得到的证据都支持这个回答。实际上，有充分的理由维护这个更强的主张：甚至当采用那些不是明确定义的解释形式时，一般来说还是不能只借助于观察表达式来合适地定义理论表达式。出于目前讨论的目的，并没有必要在这些问题上采纳一个见解。但我们绝不要假定，作为一个过程问题，观察基元的集合

P_1 足以解释一切描述性表达式 D;我们必须允许存在这种可能性:S 的基础表达式的类 P 一般来说并不吻合类 P_1。因此,虽然在热学中,"温度"既可以按照理论基元来解释,又可以按照观察基元来解释,但这并没有推出在第一个解释的意义上来理解的这个词与在第二个解释的意义上来分析的"温度"是同义的。

3. 现在我们可以转到对还原的第三个形式考虑。在一个还原中涉及到的基本科学和从属科学一般来说有大量共同的表达式(包括陈述),它们与两门科学中同样的意义相联系着。形式逻辑和数学中的可证陈述便是这种共同表达式的明显例证,但通常也有许多其他的描述性表达式。譬如说,许多属于力学的定律,如胡克定律或杠杆定律,也出现在热学中,哪怕只是作为借用定律;在它自己的实验定律中,热学也采纳诸如"体积"、"压强"和"功"此类的表达式,这些表达式的意义与它们在力学中的意义是吻合的。另一方面,在它还原之前,从属科学往往使用那些并不出现于基本学科中的表达式,断言借助于这些表达式来表述的实验定律。譬如说,力学在其经典的形式上并不把玻意耳—查尔斯定律算作它自己的一个实验定律;"温度"这个词项也不出现在力学的理论假定中,虽然在描述对它的某个定律进行使用的情形的实验研究中,有时也采用这个词。

然而,属于一门科学的表达式具有由它*自己*的解释程序决定的意义,注意到这点是至关重要的。尤其是,代表一特定科学的表达式(例如当"温度"这个词在热学中被使用时)可以按照那个研究部门的规则或使用习惯来理解;当那些表达式用于那个研究部门时,必须在那个部门中与它们相联系的意义上来理解它们,不管这门科学是不是已经还原到其他的学科。的确,有时可以借助于其他某个科学的基元(不论是理论基元还是观察基元)来解释一个表达式的意义。譬如说,存在着支持如下假定的

有力根据，即当在热力学中来理解"压强"这个词时，它与通过力学的理论基元来解释的这个词是同义的。不过由此并没有得出如下结论，即一般来说，在一门既定科学中所采用的每一个表达式，在由其自己独具特色的规则或程序指定的意义上，都可以按照其他某个学科的基元来加以解释。

有了这些不同寻常的准备，我们现在必须阐述理论间的还原必须满足的形式要求。正如已在本章指出的那样，当表明从属科学的实验定律（如果它有一个合适的理论的话，以及它的理论）是基本科学的理论假定（包括谐调定义）的逻辑推理时，一个还原就实现了。应该指出我们不是在规定从属科学的借用定律也必定可以从基本科学的理论推出。然而，如果从属科学的定律含有在基本科学的理论假定中并不出现的词项（这就是我们早期局限于讨论的那种还原），前者从后者的逻辑推导显然是不可能的。这个推导是不可能的这一主张基于一个熟悉的逻辑准则，即为了避免某些本质上无关的例外，没有任何词项能够出现在某一形式论证的结论中，除非这个词项也出现在前提中。[①]

---

① 对这个逻辑准则的可能异议主要基于如下事实：按照现代形式逻辑的某些定理，一个有效的演绎论证可以有一个结论，这个结论含有并不出现在前提中的词项。

在命题演算（或未经分析的命题的逻辑）中，至少有两个定律允许这种结论的演绎：按照其中的一个定律，形如"如果 S_1，那么，S_1 或 S_2"的任何陈述（这里 S_1 和 S_2 是任意的陈述）在逻辑上为真，这样 S_1 或 S_2 可以从 S_1 中推导出来，但由于 S_2 可以任意选择，这样就可以使 S_1 或 S_2 含有不出现在 S_1 中的词项，按照第二个逻辑定律，形如"S_1，当且仅当 S_1 和（S_2 或非—S_2）"的任何陈述在逻辑上为真；因此"S_1 和（S_2 或非—S_2）"可以从 S_1 推导出来，且有与第一种情形同样普遍的结果。然而，显然这两种演绎步骤没有一种会从气体运动理论中得出玻意耳—查尔斯定律。如果它能够得出（比如说，通过以这个定律代替以上提到的第一个逻辑定律中的 S_2），那么，由于 S_2 完全是任意的，这个推导也会得出该定律的矛盾命题；这不可能发生，除非气体运动理论是自我矛盾的。这个论证相当普遍，可应用于其他还原的例子。

因此，当从属科学的定律的确含有基本科学的理论假定所缺乏的词项"A"时，前者到后者的还原就需要有两个必要的形式条件：(1)必须引入某种假定，这种假定要求在"A"所指代的无论什么东西和已经出现在基本科学中的理论词项所表示的特征之间存在着合适的关系。这种假定的本质仍有待考查；但若不预先判断进一步讨论的结果，把这个条件称为"可连接性条件"是方便的。(2)借助于这些附加假定，从属于科学的一切定律，包括含有词项"A"的定律，必须可以在逻辑上从基本科学中的理论前提和与之相联系的协调定义推出。让我们把这称为"可推

因此，在从基本科学的理论推出从属科学的陈述上还原只利用命题演算的逻辑定律，就此而论，只要这样来订正正文中提到的这个逻辑准则便足以对付对它的异议，即把它读作：在一个有效的演绎中，没有任何不出现在前提中的词项会出现在结论中，除非一个词项经由命题演算的逻辑定律进入这个结论，而这些逻辑定律允许把任何任意的词项引入结论之中。

然而，也有在形式逻辑的其他部分发展起来的其他的逻辑定律，它们也允许结论含有不出现在前提中的词项。替代那种表示普遍性的变量就是这种推理的一个熟悉形式。例如，虽然前提"对任意 x，如果 x 是一颗行星，那么，x 由于发射光而发亮"并不含有"火星"这个词项，但陈述"如果火星是一颗行星，那么，火星由于反射光而发亮"可以有效地从这个前提推出。从"凡人皆死"推出"一切饥饿的人都是饥饿的凡人"，这是对这种推理的另一种形式的例证。不过，对玻意耳—查尔斯定律的推导的考查表明，"温度"这个词——包含在该定律中但并不包含在气体运动理论中——并不是经过任何这种普遍有效的演绎步骤引入的；可以构造一个论证，该论证表明在可还原到某个基本科学的一个从属科学的其他定律（它们含有独具特色的词项）的推导中，情况也必定是这样，这个论证就类似于在本注第一段中提出来支持命题演算中的这种演绎的论证。由此，可以忽略对正文中的这个逻辑准则的种种例外，由于它们与讨论的论题无关。

对这个准则的一个不同的异议是，即使不考虑形式逻辑，我们往往把一些论证看作有效的，即使它们明显地违反这个准则。这样，据说"约翰是玛丽的表弟"是从"约翰的叔叔是玛丽的父亲"推出的，而"史密斯的衬衣是带色的"是从"史密斯的衬衣是红色的"推出的，即使出现在每个结论中的一个词项在相应的前提中都没有。然而，这些例子以及其他类似的例子实际上是省略三段论的推理，这种推理有一个隐含的假定，这个假定要么以明晰定义的形式来表示，要么是其他某种先验陈述。当把这些隐藏起来的假定弄明白时，这些例子就不再是这个逻辑准则的例外了

导性条件”。[1]

就这些附加假定所设定的联系的本质来说，好像恰好有三种可能性：(1)第一种可能性是，这些联系是在表达式的既定意义之间的逻辑联系。这样一来这些假定就断言“A”在逻辑上与基本科学中的一个理论表达式“B”相联系(大概通过同义性或某种形式的单向分析衍推)。按照这个解释，“A”的意义，当由从属科学的规则或使用习惯确定时，必须按照基本科学的理论基元的既定意义来阐明。(2)第二种可能性是，这种联系是由故意制定的法令产生的约定。这样一来这些假定就是协调定义，它们构成“A”与基本学科的某一理论基元(或从理论基元中形成的某个构造)之间的一个对应。按照这个解释，不像前一个可能性，“A”的意义不是按照理论基元的意义来阐明或分析的。相反，如果“A”是从属科学的一个观察词项，那么这些假定就给基本科学的某一理论表达式指派一个实验含义，这个指派与先前可能作出的其他选择的指派相一致。(3)第三个可能性是，这种联系是事实的或实质的。这样一来这些假定就是物理假说，断言由基本科学中某一理论表达式所指示的事态的发生是由“A”所指示的事态的一个充分(或必要且充分)条件。显然，在这种情形中，原则上必须能得到两个事态各自发生的独立证据，以使指示这两个状态的表达式必定具有可以鉴定的不同意义。因此，按照这一解释，“A”的意义不是与“B”的意义分析地相联

---

[1] 可连接性条件要求基本科学的理论词项出现在这些附加假定的陈述中，如果这些假定是经由基本科学的观察基元来表述对“A”的一个解释，这还不够，即使理论基元也可以通过观察基元来解释。因为这不因此就推出“A”可以经由理论基元来解释。这样，虽然“叔叔”和“祖父”各自都可以按照“男性”和“父亲”来定义，但“叔叔”却不可以按照“祖父”来定义。因此，附加假定无助于可推导性条件的实现。

系的。结果，不能只靠逻辑分析就证明这些附加假定是真的，它们表述的假说必须由经验证据来支持。[1]

按照这个讨论，现在让我们来审视玻意耳—查尔斯运动理论中的推导。为了简单起见，让我们假设"温度"这个词是这个定律的不出现在那个理论的公设中的唯一词项。然而，如已指出的那样，该定律从气体运动理论的推导取决于一个附加公设，即一个气体的温度正比于其分子的平均动能。我们的问题是判定这个公设的地位，决定我们已经讨论的三种联结中哪一种是由该公设断言的。

由于本章第一节提到的理由，推断说"温度"在经典热力学中所采用的这个词的意义上，并不同义于"分子的平均动能"，其意义也不能从后面这种意义上抽取出来，这是万无一失的。一定没有任何对气体运动理论的标准解释声称是通过分析出现于

---

[1] 由此推出，可连续性条件对还原来说一般是不充分的，还必须补充以可推导性条件。可连接性实际上向可推导性作了保证，如果，正如 J·C·凯梅尼和 P·奥本海姆已经正确地论证的那样（"论还原"，《哲学研究》，第 7 卷（1956 年），第 10 页），对从属科学但不是基本科学的每一个词项"A"，存在着基本科学中的一个理论词项"B"，以致于"A"和"B"由一个双向条件句联结起来：A 当且仅当 B。如果这种联结具有这一形式：在"A"所出现的从属科学的任何定律 L 中，"A"都能够由"B"所取代，这样得出一个有保证的理论公设 L′。如果 L′本身不能从基本科学的可得理论中推导出来，那么，这个理论就需要补充 L′，变成一个经过修正的理论，不过仍然是基本科学的一个理论。不管怎样，借助于这个双向条件句，L 就可以从基本科学的一个理论中推导出来。然而，A 和 B 之间的联结不一定在形式上是双向条件的，例如可能只是单向条件的：如果 B，那么 A。但这样一来，"A"就不可以为"B"所取代，因此从属科学一般来说就不能从基本科学的一个理论中推导出来。结果，即使我们暂时不考虑这一问题——当一个还原是通过把基本学科的一个理论补充以一个新的公设 L′（该公设在经验上得到证实，但对这个初始理论的说明能力可能毫无贡献）而获得时，它是否令人满意——可联结性一般来说并不足以保证可推导性。另一方面，可推导性条件对于还原既是充分的又是必要的，由于可推导性显然衔推可连接性。不过还是可以把可连结性条件分开来陈述，因为它在还原的分析中意义重大。

其中的词项的意义而确立起这一公设的。因此不能合理地把这个公设所规定的联系看作一个逻辑联系。

但更加困难的是决定这个公设的断言究竟是剩下的两种联系中的哪一个，因为这两种可能性中的每一个都有合理的理由支持。支持这一公设只是一个协调定义这一主张的论证，本质上是这样的：气体运动理论无法诉诸实验检验，除非对应规则首先把它的一些理论概念与实验概念联系起来。但这个公设本身并不受制于实验控制。因为虽然一个气体的温度可以由熟悉的实验方法来确定，但显然无法确定假设的气体分子的平均动能——除非温度实际上是由测量这个能量的命令规定的。因此，这个公设只能是构成理论概念和实验概念之间的联系的对应规则。[①] 另一方面，这一公设是一个物理假说的主张也并非毫无根据；实际上，对这一论题的许多专门介绍正是以这种方式引入这一公设的。提出来支持这一主张的主要理由是：虽然不能通过直接测量气体分子的平均动能来检验这个公设，不过这个能量的值是可以直接确定的，通过对气体的其他实验资料进行计算就能做到这点，虽然不是用测量温度得到的资料。因此，似乎确有可能在实验上决定一个气体的温度是否正比于其分子的平均动能。

与现象相反，这些可能的主张与支持它们的理由并不一定不相容。实际上这些可能性证明了现在看起来是很熟悉的一点——一个假定的认知地位往往有赖于在一个特定的情景中用来表达一个理论的方式。热力学向力学的还原无疑就是这样来解释的，结果关于温度与气体分子的平均动能成正比的公设便构成了最先作为基础科学的理论概念和从属科学的实验概念之

① 参见诺曼·R·坎贝尔：《物理学基本原理》，剑桥，1920年，第126页以下。

间的唯一联系的东西。按照这种解释，这个公设无法受到实验检验，它只是充当一个协调定义。但不同的解释方式也是可能的，按照那些解释方式，协调定义是对其他成对的实验概念和理论概念引入的。譬如说，可以使一个理论概念对应于粘滞性的实验思想，把另一个理论概念与热流的实验概念相联系。这样，由于通过气体运动理论的假定把气体分子的平均动能与这些其他的理论概念联系起来，在温度和动能之间就间接地建立了联系。因此，按照这个解释，问一个气体的温度是否正比于气体分子的平均动能的值（这里，这个值是间接地从那种不是通过测量气体的温度而得到的资料中计算出来的），这就很有意义了。这样一来这个公设就具有一个物理假说的地位。

因此，除了在某些特定的情形中（在其中，正在发展热力学向力学的还原）外，要一般地判定这个公设是一个协调定义还是一个事实假定，是不可能的。但这种情形并没有消除对应规则和实质性假说之间的区分，也没有摧毁这种区分的重要性。但无论如何目前的讨论并不要求在这个公设的这些可能的选择之间作出决定。这个讨论的要点是，在热力学向力学的还原中，必须引入一个把温度和气体分子的平均动能联系起来的公设，而且这个公设不是通过简单地说明它所包含的表达式的意义就能得到保证的。

必须简要地考虑一下对这个中心论点的一个异议。这个异议指出，随着研究的发展，对表达式的重新定义是科学史中一个反复出现的特点。因此，虽然必须承认"温度"这个词在其早期的用法中具有一个完全由测量温度的方法和经典热力学指定的意义，但在它的现在用法中，温度"由定义等同于"分子能量。因此玻意耳—查尔斯定律的推导勿需引入一个进一步的公设，不管是以协调定义的形式引入还是作为一个专门的经验假说引

入,而只是利用这个定义的同一性即可。这个异议说明了一个不知不觉就很容易滑入的双重谈论。一定可以重新定义"温度"这个词,以使它同义于"分子的平均动能"。但同样确定的是,按照这个重新定义的用法,这个词就有一个与之在经典热学中相联系的涵义不同的意义,因此就有一个与之在玻意耳—查尔斯定律的陈述中相联系的意义不同的意义。然而,如果热力学要还原到力学,那么那被断言与气体分子的平均动能成正比的东西,正是在经典热学的意义上的温度。因此,如果"温度"这个词按照这个异议所暗示的那样重新定义,那么,就必须援引这个假说:被描述为"温度"(在经典热力学的意义上)的物体的状态,在这个词项的重新定义的意义上也由"温度"来表征。但这样一来这个假说就是一个作为定义并不有效的假说,就不是可以正确地对其声称逻辑必然性的假说。除非采纳了这一假说,否则可以从气体运动理论的假定中推出的就不是玻意耳—查尔斯定律了。没有这个假说也可以推出的东西,是一个在句法结构上类似于那个定律的标准表述的语句,但是这个语句具有一个必然不同于该定律所断言的内容的涵义。

三、还原的非形式条件

现在我们必须回到还原的那些主要不是形式的特点,虽然其中的一些特点已经附带提及。

1. 在前一节中讨论的还原的两个形式条件,并不足以区分平凡的科学成就和有价值的科学成就。如果对还原的唯一要求是从属科学可以在逻辑上从任何选定的前提推出,那么,要满足这一要求几乎毫无困难。然而,在有意义的还原的历史中,基本

科学的前提不是特设假定。因此，虽然前提必须已知为真这是一个太强的条件，但施加一个非形式的要求看来确实合理，即基本科学的理论假定必须得到具有某种程度的检验能力的经验证据的支持。与证据评价的逻辑相联系的问题颇为艰难，在许多关键之处尚未得到解决。但这些问题提出的论题并非完全与还原的分析有关；除了一些简短的评注（尤其是与热力学向力学的还原有关的评注）之外，目前我们暂不考查合适证据支持的概念。

支持气体运动理论的几个假定的证据来自于多方面的研究，其中只有一小部分属于热力学领域。这样，甚至在热力学还原到力学之前，物质的分子构成假说就得到了在化学反应中表现出来的定量关系的支持；它也得到了分子物理学中主要不是关于物体的热学性质的那一些定律的证实。采纳这个假说来说明气体的热学行为这项新任务，因而是符合科学的这一常规策略的，即要开拓新的前沿思想，采纳在其他地方已发现富有成效的类比。类似地，力学公理——它们构成了热力学被还原到的基本科学的前提的最普遍的那一部分——得到了来自于许多领域（这些领域与气体研究领域截然有别）的证据的支持。这些公理也适用于气体的假设的分子构成，这个假定因此就涉及到把一个理论从那些已经得到充分确认的领域外推到另一个在许多重要的方面与前者同质的领域。但在这方面，最重要的一点是：热学所还原到的基本科学的组合假定已经使我们能够把热学的许多看似无关的定律和物理学的其他部分整合成为一个统一的体系。气体的一些定律当然在还原之前就已确立起来。但其中一些定律对不满足某些狭窄地加以限制的条件的气体只是近似有效；此外，大多数定律只能相对于关于气体的许多独立的事实得到证实。热力学向力学的还原在许多重要的方面改变了这种

状态。它为重新表述气体定律以使之符合那些满足限制不大的条件的气体的行为铺平了道路;它为发现新定律提供了指南;它为揭示气体定律之间系统的依赖关系、为揭示气体定律和有关处于其他聚集状态的物体的定律之间的关系提供了基础。

最后这一点值得简要地说明一下。如果玻意耳—查尔斯定律就是可以从气体运动理论推出的唯一的实验定律,那么,绝大多数物理学家就不可能把这个结果算做支持该理论的有分量的证据。他们大概会接受这一观点:只是推导出这个定律并没有获得什么有意义的东西。因为他们或许会认为,先于这个推导,就已经知道这个定律只是充分符合"理想"气体(亦即,处于远高于气体之液化点的温度的气体)的行为;按照假设,从这个理论推不出低温气体的行为。此外,物理学家无疑会注意到这个说明问题的一点,即甚至只有借助于一个专门的公设才能实现这个定律的推导,这个公设把温度和气体分子的能量联系起来,因此,这是一个在设想的状况下具有特设假定之资格的公设,除了由保证玻意耳—查尔斯定律的证据支持外,它得不到任何其他证据的支持。总之,如果这个定律就是气体运动理论的唯一实验推理,那么这个理论就是一根只生长人工悬挂的果实的枯木。

但事实上热力学向气体运动理论的还原所获得的成果,远远不只是推导出玻意耳—查尔斯定律。有一些可以得到的其他证据,对于大多数物理学家来说,这些证据都算得上是对那个理论的支持,它们从把温度和分子能量联系起来的这个专门公设中消除了任意的现象。实际上,两组相关的考虑使这个还原成为一个重要的科学成就。一组考虑由从该理论中推出的实验定律组成,这些定律先前还没有确立起来,或者它们比以前接受的定律更符合大范围的事实。譬如说,玻意耳—查尔斯定律只对理想气体适用,当气体运动理论的某些不太普遍的假定具有与

一个理想气体相对应的限制性形式时，这个定律就可以从气体运动理论中推导出来。然而，这些特殊假定可以由其他的假定取代而不改变这个理论的基本思想，尤其是由比对理想气体所引入的假定略为复杂的那些假定取代。现在，不是作出玻意耳—查尔斯定律借以从气体运动理论推出的规定，相反，我们可以假定气体分子的大小当与它们之间的平均距离相比时不是可忽略的，除了碰撞力之外，还存在着作用于分子的内聚力。这样一来就有可能从采用这些比较复杂的假定的理论中推导出范德瓦耳斯定律，这个定律比玻意耳—查尔斯定律更充分地表述了理想气体和非理想气体的行为。因此，一般来说，一个还原要作为一个重要的知识进步的标志，仅仅在基本学科的理论之内表达从属科学的那些先前已确立起来的定律还是不够的。这个理论还必须为发展从属科学提供行之有效的建议，必须得出关于从属科学之题材的定理，这些定理补充或纠正它的目前得到接受的定律体系。

由此把热力学向力学的还原看作是一个重要成就的第二组考虑，是由一些熟悉但往往令人吃惊的依赖关系组成的，可以证明这些关系是在种种实验定律之间获得的。作为还原的一个结果，当可以从一个统一的理论推导出一些迄今还是根据独立的证据来断言的定律时，这种依赖性的一种形式就得到了例证。这样，热力学第二定律（按照这个定律，一个封闭的物理系统的熵绝不会减少）和玻意耳—查尔斯定律都可以从统计力学推出，虽然在经典热力学中，这两个定律被陈述为是互不相干的基本假定。当表明出现在从属科学的不同实验定律中的一些数值常数是基本科学的理论参量的一个确定函数时（当可以从按照独立的研究路线得到的实验资料中算出适合于那些参量的数值时，结果就更令人惊奇了），这种依赖性的一个给人印象更深、更

精巧的形式就得到了例证。这样，气体运动理论的一个公设是：在标准的温度和压强条件下，同等体积的气体含有相等数目的分子。因此在标准条件下，一升气体的分子的数目对一切气体都是相同的，这被称为阿伏伽德罗常数。此外，可以表明在几个气体定律（其中，玻意耳—查尔斯定律和比热定律）中出现的某一常数是阿伏伽德罗常数和其他理论参量的函数。另一方面，阿伏伽德罗常数也可以用其他方式从在不同类型的研究中收集到的实验资料中算出来，比如，从研究热现象、布朗运动或晶体结构的测量中算出来；从各种各样的资料中得到的这个常数的值相互之间符合得很好。因此就证明了那些看似独立的实验定律（包括气体定律）包含一个共同的不变成分，这个成分由一个理论参量来表达，这个参量接着与几种实验资料牢固地相联系。结果，热力学向气体运动理论的还原不仅为前者的定律提供一个统一的说明；面且它也把这些定律结合起来，以致于任何一个定律的直接相关的证据可以充当其他定律的间接证据，以致于对任何一个定律可以得到的证据累积起来就支持了这个基本科学的各个理论公设。

2. 还原是知识组织中的一个重要进步，还是只是一个形式训练？对决定这一问题的若干考虑的一般评注、以及对实际支持气体运动理论的证据的特征的评注，都把注意力指向处于实际发展中的科学的一个重要特点。如已表明的那样，有时可以根据那些用作说明前提的理论，根据它们各自领域的指导原则来界定不同的科学部门。不过，随着研究的进步，理论作为规则并不是一成不变的；科学史提供了围绕着几种新理论组织起来的若干专门的知识部门的例子。此外，即使一个学科继续保留某个理论体系的最一般的假设，但随着新问题的产生，还是往往要修改那些不太一般的假定或以其他假设对其加以补充。

因此，若不考虑两个学科的某个特定的发展阶段，则不能抽象地、有益地提出一门既定的科学是否可还原到另一门科学的问题。关于可还原性的问题能够得到有益的讨论，只有当我们能够通过指定这两门科学在特定时期的确定内容来弄明白这些问题时。这样，任何实际工作的物理学家都不会认真地接受这一主张，即当前的核物理学可以还原到经典力学的某个变种——即使这个主张应该与核物理学定律从纯力学假定的一个形式演绎相伴随——除非这些假定得到了在作出这一主张时可以得到的充分证据的支持，而且在那时它们具有往往指望一个基本科学的理论所具有的启发式优点。当力学把关于分子及其运动方式的假定（包括统计假定）算入它所认可的公设之中时，说热力学可以还原到力学是一回事；声称热力学可以还原到一门并不支持这些假定的力学科学又是另一回事。尤其，虽然热力学毫无疑问地可以还原到 1866 年之后的统计力学（这年，玻耳兹曼借助于某些统计假说，成功地对热力学第二定律给出了一个统计解释），但热力学显然还原不到 1700 年的力学。类似地，19 世纪的化学的某些部分（或许整个这门科学）可以还原到 1925 年之后的物理学，但不能还原到 100 年之前的物理学。

此外，不要忽视这种可能性：从两门科学在它们的某些发展时期的理论间的还原中，实际上可能得不到什么新知识，而进行重大研究的能力也可能得不到多大提高，不管这种还原随后有多大的可能优点。因此，一门学科可能处于这样一个积极的发展阶段，在这个发展阶段，首要的任务是调查和划分它的领域的广泛的、多种多样的材料。还原这门学科到另一门（或许在理论上更高级）学科的试图，即便取得了成功，往往也就把必要的精力从这门学科发展时期的关键问题中转移出来，结果在处理进一步的研究时，得不到来自于基本科学的有效指导的报偿。例

如，在植物学的基本需要是建立现存植物的系统分类学时，这门学科并没有从采纳生命有机体的生化理论中获得多大好处。又，虽然一门科学可以还原到另一门科学，但借助于那些为了处理那个从属学科的题材而专门设计出来的理论，这个学科可以逐渐解决它自己的那一类特殊问题。作为解决这些问题的基础，这个不太广泛的理论可能比基本学科的那些更一般的理论更令人满意，这或是因为这个基本学科需要使用一些对于从属科学的研究题材来说过分精雕细琢过分麻烦笨重的技术，或是因为得不到为了把那个基本学科应用于这些题材而需要的初始条件，或者只是因为在处理这些问题上那个基本学科的结构并没有提出行之有效的类比。例如，即便可以把生物学还原到目前的量子力学物理学，但在生物科学的目前这一阶段，在探究生物遗传的问题上，基因理论可能是比量子论更加令人满意的工具。通过一个基本学科的某个具有包容性的理论来获得一个统一的说明体系，这可能是一个最终可以实现的知识理想。但并没有由此得出这一结论：这个理想最好是通过把一门科学还原到另一门具有一个综合性的强有力的理论的科学来实现，如果从属科学在其发展的那个阶段还不准备用这个理论来进行有效操作的话。

在专门科学的相互关系上、在其理论的说明能力的局限性上的诸多争论，忽视了这些基本的考虑。有时绝对地、没有时间限制地断言一门科学（如生物学）不可还原到另一门科学（如物理学）。不管怎样，支持这种主张的论证看来经常忘记科学是有历史的，一门科学对另一门科学的可还原性（或不可还原性）取决于后者在指定时间所采用的专门理论。另一方面，相反的主张——它们认为某个特定的科学可以还原到一门受偏爱的科学——也并不总是对如下事实予以充分的注意，即如果还原要

有科学价值，这两门科学必须处于适当成熟的发展水平。或许可以宽宏大量地把这些主张和反主张解释为是在如下问题上的争论，即在一门科学的某个既定的发展阶段，系统的研究应该采取的最有希望的方向是什么。这样当生物学家强调生物科学的“自主性”，并整个儿地拒斥生命现象的所谓“机械论理论”时，他们似乎有时就采纳了这种见解，因为他们相信，在物理理论和生物理论的目前状态下，生物学按照独具特色的生物学范畴来进行研究，比放弃这些范畴而采用现代物理学典型的分析方式，更有收益。类似地，往往认为生物学中的机械论者是在建议把生物学还原到物理学，因为在他们看来，在目前物理学理论的框架内来处理生物学问题，显然比借助于单纯的生物学理论来处理这些问题更有效。正如我们在下一章将看到的，置身在这种争论之外的人们并不是这样来阐述问题的。相反，大概是由于没有注意到有关一门科学的可还原性或不可还原性的主张必须在时间上加以限制，有些人往往是这样来讨论根本上与研究策略有关、或者与两门科学在某一时间所构成的逻辑关系有关的问题的，好像这些问题就是关于宇宙的某个终极的不可改变的结构似的。

3. 在目前的整个讨论中，着重点一直是放在把一门科学向另一门科学的还原设想为从一组在经验上可确认的**陈述**推出另一组这样的陈述上。然而，往往是根据如下假设来讨论还原问题的，即还原是一个题材的**性质**推出另一个题材的性质。因此一位当代的作者认为，可以证明心理学相对于物理学和生理学来说是一门自主的学科，因为“头疼不是在一个人的头脑中的粒子的排列或重新排列”，“我们对紫罗兰的感觉**不是**在视神经上的变化。”因此，虽然据说心灵是与物理过程“神秘地联系起来的”，但“它不能被还原到那些过程，它也不能用那些过程的定律

来解释"。[1] 另一位新近的作者,在介绍无机界中"真正的创新"出现的情形时,宣称"假定一个化合物的一切性质都可以只从其元素的本性中推导出来,那是一个错误"。类似第三位当代的作者断言,一个化合物如水的特征行为"不能(甚至在理论上)从其构成要素(分离地或者在其他的组合中看待)的行为以及这些构成要素的性质和整体安排的最完备的知识中推导出来"。[2] 现在我们必须简要地指出,作为性质之间的推演的这种还原观念是暗中引人歧途的,并且产生一些欺骗性的问题。

这个观念使人误人歧途,因为它暗示一门科学是否可还原到另一门科学的问题要通过审视事物的"性质"或所谓"本性"来加以解决,而不是通过研究某些明确表述的理论(即陈述系统)的逻辑推理来解决。因为这个观念忽视了这一关键之点:事物(尤其是其"基本构成要素")的"本性"不能为直接的视察所接近,我们无法通过简单的视察获悉。这些"本性"必须被陈述为一个理论,并且不是观察的对象;化学元素可以具有的可能"本性"的范围随着我们所能设计的关于原子结构的不同理论而变化。如同电的"本质"通常是由麦克斯韦方程来陈述的那样,也必须把分子和原子的本质陈述为是关于它们和它们的结构的一个得到明确表达的理论。因此,为了把一门科学还原到另一门科学,一些性质必须从某些其他的性质或"本性"推出,这个假设把显然是一个逻辑问题和经验问题的东西颠倒为一个没有解决希望的思辨问题。因为,除了通过如下这种方式外,我们怎么能够发现化学元素(以及任何其他的东西)的"本质"呢? 这种方式

---

① 布兰德·布兰夏德:"事实,价值和科学",载《科学和人》(R·N·安申编),纽约,1942 年,第 203 页。

② C·D·布罗德:《心灵及其在自然中的地位》,伦敦,1925 年,第 59 页。

就是：首先构造以这些元素的确定特征作为假设的理论，然后以这种通常的方法来控制这些理论，即把从这些理论推导出来的推论与合适实验的结果相比较。我们怎么能预先知道不能构造出这样的理论，它允许从中系统地推出各种化学定律呢？

因此，宏观物体的一组特定的“性质”或“行为特征”是否能由原子和分子的“性质”或“行为特征”来加以说明，或是否能还原到后者，这是随着采用来指定这些元素之“本性”的任何理论而变化的。一门学科所研究的“性质”不可能从另一门学科所研究的“性质”中推导出来，如果后一门学科是按照一个理论来假设这些性质的话。但如果采纳一组不同的理论假设，还原却可以行得通。例如，把化学定律（如这一定律：在某些条件下，氢和氧化合形成水的稳定化合物，而水在其他物质中出现时接着显示某些确定的行为方式）从15年前接受的原子物理学理论中推导出来，这被正确地认为是不可能的。但相对于一个理论是不可能的东西，不一定相对于另一个理论还是不可能的。化学的各个部分还原到原子结构的量子理论现在似乎是稳操胜券，即使进展有些缓慢，在从量子理论假定中进行相关的推导时，所涉及到的只是惊人的数学方面的困难，这些困难似乎是在推进这个任务的途中出现的。在目前的情形中，重复已在其他情形中作出的一点：如果是按照经典统计力学的理论基元来规定分子的“本性”，那么，只有在引入把温度和动能联系起来的附加假设时，热力学的还原才是可能的。但没有这个专门假说就不能进行还原，这种不可能性不是来自于纯形式的考虑，而是来自于在力学和热力学之间所谓的本体论脱节。当拉普拉斯相信，给出一切物质粒子的瞬时位置和动量，给出它们之间的作用力的量值和方向，一种天启的智慧就能详细地预测未来时，他犯了一个论证上的错误。不管怎样，如果假定他的天启的智慧是按照逻

辑准则来进行推理，因而不能犯把一个陈述断言为一个推理结论（当这个陈述含有并不出现在前提中的词项时）的错误，那么拉普拉斯就错了。

但无论如何，一门科学向另一门科学的还原（如热力学向统计力学的还原，或化学向当代物理学理论的还原）并没有消除从属科学所识别到的那些行为区分和行为类型，或者并没有把后者转变成为某种非本质的或“纯粹表面的”东西。因此，如果头痛产生的详细的物理、化学和生理条件得到了确定，那并不因此表明头痛是虚幻的。相反，如果由于这样的发现，心理学的一部分可以还原到另一门科学，或还原到其他若干科学的组合，那么将会发生的一切就是发现对头痛产生的说明。但这样得到的说明与在实证科学的其他领域能够得到的说明本质上属于同一类型。这个说明并不是在头痛的产生和物理学、化学以及生理学所指定的某些事件或过程的产生之间建立起一个逻辑上必然的联系。它也不在于确立“头痛”这个词项与经由这些学科的理论基元定义的某个表达式的同义性。它在于阐明了一个确定的心理现象——作为一个纯粹偶然的事实——发生的条件，当然这些条件是用这些学科的理论基元来表述的。

四、突 现 论

还原的分析与一般哲学中目前引起争论的一些论题，尤其是称为“突现进化”或“整体论”的学说密切相关。实际上，那个分析的一些结果在本章的前几节已被应用于突现学说提出的一些问题。现在，按照对还原的讨论这一提供的启示，我们将更明确地考察这个学说。

突现论有时被表述为一个关于事物和过程的等级组织的论

点，它是说在“较高”的组织层次上性质的发生不能从在“较低”的层次上发现的性质来预言。另一方面，这个学说有时被表述为宇宙进化论的一部分，按照宇宙进化论，已经存在的较简单的性质和组织形式是通过产生更复杂的、“不可还原的新奇的”性质和结构而对自然的“创造性发展”作出贡献的。不管怎样，在它的一种形式上，突现进化是这一论点：宇宙中现有的多种多样的事物是从只含有未分化的孤立元素（如电子、质子等等）的原始宇宙的一个初始阶段逐渐发展的结果，而且未来将继续产生不可预言的新奇事物。突现论的这个进化论变种不是由作为不可还原的等级组织的突现概念衍推的，必须区分两种形式的突现论。我们将首先把突现考虑为一个关于事物的某些特征的不可预言性的论点，然后简要地考查作为宇宙进化的时间过程的实现。

1. 虽然突现已被引用来作为一个最经常与社会现象、心理现象和生物现象相联系的说明策略，但也可以用一种一般的方式来表达这个概念，使它也能应用于无机界。这样，设 O 是由某些相互之间处于某一复杂关系 R 的元素 a_1、…、a_n 构成的对象；又设 O 具有一类确定的性质 P，而 O 的元素具有各自属于类 A_1、…、A_n 的性质。虽然这些元素数目上不同，但它们不是完全在种类上不同；而且，它们相互间（或者与不是 O 的那些部分的其他元素）可以进入一些不同于 R 的关系之中，形成一些不同于 O 的复杂整体。然而，按照假设，处于关系 R 中的元素 a_1、…、a_n 的出现是由性质 P 所表征的 O 的出现的必要和充分的条件。

接下来让我们假设那种被突现论的倡导者们称作关于 *O* 之元素的“完备知识”的东西：我们知道这些元素相互间“孤立”地存

在时所具有的一切性质；我们也知道这些元素中的一些或全部相互间(或与额外的元素)处于不是 R 的关系之中时，它们所形成的那种不是 O 的复合所显示的一切性质，以及处于这些复合之中的元素的一切性质。按照突现论，必须区分两种情形。首先，从这种完备的知识中有可能预言：如果元素 a_1、……、a_n 出现在关系 R 中，那么对象 O 就被形成，而且将具有性质 P。其次，在类 P 中至少有一个性质 P_e，以致于即使有这些元素的完备知识，也不可能从这个知识作出如下预言：如果元素相互之间处于关系 R，那么就会形成具有 P_e 的一个对象。在后面这种情形中，对象 O 是一个"突现对象"，P_e 是 O 的一个"突现性质"。

构成本章前一节所引用的布罗德的那句话之基础的，正是这种形式的突现论。布罗德举例说明突现的这个变种如下：

> 氧气有某些性质，氢气有某些其他的性质。它们化合成水，它们这样化合的比例是固定的。没有什么我们关于氢本身的知识，或者关于与其他不是氧的任何东西化合时的氢的知识，能够给予我们以最少的理由指望它根本上会与氧化合。水的绝大多数物理性质和化学性质与氢和氧的那些性质没有任何已知的联系，不管是定性联系还是定量联系。这里我们有一个明显的实例，在这个实例中，就我们所知而言，由两个要素构成的一个整体的性质不可能从分开来看待的那些性质的知识中得到预言，或者不可能从这个知识加上含有这两个要素的其他整体的性质的知识中得到预言。[1]

---

① C·D·布罗德：《心灵及其在自然中的地位》，伦敦，1925 年，第 62—63 页。

突现论的这个变种提出了几个问题，虽然其中的大多数问题在前面对还原的讨论中已经触及到，并且可以根据那里引入的考虑加以解决。

a. 突现概念的基本假设是：虽然在某些情形中，有可能从一个整体的构成要素的性质推导出该整体的性质，但在其他情形中不可能这样做。然而，我们已经看到，这个主张的肯定的方面和否定的方面都有赖于对实际事实的那种不完备的、使人误解的表述。实际上不可能只从氢的性质（如在某些压强和温度条件下，它处于气态）或只从氧的性质，或从以这些元素作为构成要素的其他化合物的性质（如氢氟酸溶解玻璃）中推导出水的性质（如粘性或透明性）。但往往也相反地主张，不可能从一只钟的构成部分的性质和组织中推导出它的行为。但这种推导出于同样的理由在这两种情形中都是不可能的。能够被推导出来的不是性质，而是陈述（或命题）。而且，关于复杂整体的陈述能够从关于其构成要素的陈述中推导出来，只有当前提包含一个关于这些构成要素的合适理论时，这个理论使我们能够把这种整体的行为分析为构成要素的假定行为的“结果”。因此，对于一个据说可以从该理论推导出来的陈述来说，出现在该陈述中的一切描述性表达式也必须出现在用于表达这个理论的表达式中，或者出现在把这个理论应用于专门情景时与该理论相毗邻的假定之中。这样，像“水是半透明”的这样一个陈述的确不能从不含有表达式“水”和“半透明”的任何一组关于氢和氧的陈述中推导出来；但这种不可能性完全是出于纯形式的考虑，是相对于在特定情形中被采纳为前提的一组专门的陈述而言的。

因此，对一个既定的性质说它是一个“突现”性质，虽然就是要赋予它这样一个特征：该性质相对于一个理论或一组假定可

以具有这一特征,但相对于某个其他的理论就不具有这一特征了。这样,必须把突现论(在目前讨论的意义上)理解为是在阐述某些关于陈述之间的形式关系的逻辑事实,而不是阐述任何实验事实乃至关于对象之性质的某些所谓的"固有"特性的"形而上学"事实。

在这点上,尤其是在假定复杂整体的构成要素是亚微观粒子和过程时,值得再次指出,这些构成要素的"性质"不是通过视察来确定的,它们的"结构"也不是通过任何形式的"直接感知"了解到的。只有通过某个理论才能详细说明这些性质和结构,而这个理论假设了这些构成要素的存在,假设了它们的各种特征。而且,明显的是要按照宏观证据来对该理论进行无限期的修改。因此,是否可以从它们的原子构成要素的性质中预言合物的某一既定性质,这个问题不能通过先前已知原子具有的所谓"内在本性"的有关考虑来解决。因为当一个原子结构理论不能胜任预言某一既定性质的任务时,另一个假设了不同的原子结构的理论或许能完成这一任务。

对这个问题的这种看法得到了原子理论的历史的支持。为了系统地说明一些范围有限的化学事实——最初是关于参与化学反应的物质的组合重量之比的不变性的事实,道尔顿在19世纪前25年复兴了古代关于物质的原子理论。道尔顿的原子论假设原子只有相对稀少的性质,他的理论无法说明化学转变的许多特点,例如,它没有说明化学键或在化学转变中显示出来的热变化。但最终道尔顿的理论受到修改,结果越来越多的处理光、热、电磁以及化学现象的定律可以由后来发展起来的原子论加以说明。但由于对这个理论进行了一系列的修改,原子的"内在本性"的概念也发生了变化;因为这个理论的每个变种——更确切地说,在一系列的理论建设中具有一些广泛的共同假定的

每个理论——都假设(或"定义")了宏观对象的各种独具特色的亚微观成分，而在各个情形中，这些成分又都具有独特的"本性"。这样一来，德谟克利特的"原子"、道尔顿的"原子"和现代物理化学理论的"原子"都是类型上相当不同的粒子；之所以把它们都归结在"原子"这个共同的名称之下，主要是因为在规定它们的各种理论之间存在着重要的类比。

因此我们绝不要被这个便利的习惯所迷惑，即认为各种原子理论都表明我们在一组固定的亚微观对象的知识上取得了进步。这种描述原子理论的历史发展的方式很容易产生这一信念，即可以说原子存在，说它们有可以确定的"内在本性"，而不管任何具体的假定原子存在并且规定它们具有什么性质的理论。但实际上，主张存在着具有某些确定特征的原子，就是主张某个关于物理对象之构成的理论是由实验证据来保证的。科学史上提出来的诸原子理论的更替，实际上可能不仅表示了在关于宏观现象的秩序和联系的知识上的进步，而且也意味着对物理事物的原子构成的逐渐合适的理解。不过并没有由此推出：离开了某个特定的原子论，还有可能断言从原子微粒的"本性"中能够预言或无法预言的东西。

不管怎样，情况一定是这样的：不能从某些老的原子结构理论中预言到的化合物的性质(如当氢和氧在某些条件下化合时形成的那种稳定物质的化学性质和光学性质)是可以从目前关于原子构成的电子理论中得到预言的。由此推出，当声称一个化合物的某一既定性质是"突现"性质时，正在采用一个省略的表述。因为，虽然相对于某个既定的理论，一个性质的确可以是突现性质，但相对于某个不同的理论，这个性质勿需是突现的。

c. 然而，当声称一个既定的性质"本来"就是或"绝对"是一个突现性质这是一个错误时，在把一个特征表征为一个突现性

质时，声称我们不过是给我们的无知洗礼，这同样是一个错误。例如，有人论证说：

> 或许没有哪一位物理化学家在研究 H_2O 之前就已能预言 H_2O 的一切性质，但看来有可能的是，不能作出这种预言只是对 H 和 O 的性质一无所知的迹象。如果在它们的化合中，H 和 O 产生水，那么，大概它们在某种意义上就含有形成水的潜力。实际上正是由于这种突现进化的本质，没有什么新东西是无中生有的，"突现"是现存事物之间新的关联的结果。这样，这个推测就是：如果具有关于构成要素的充分知识，那么就能对水的性质作出高度可能的预言。事实上，化学家已经成功地预言了他们从来没有观察到，而且已开始产生这些"突现物"的化合物的性质。他们甚至预言了还没有观察到的元素的存在及其性质。[1]

这种异议未看到突现论的力量，甚至还否认了它的一些合理之处。首先，突现论是在"以精确的逻辑严格性推导"的意义上使用"预言"这个词。一个突现论的倡导者很乐意承认，通过某个幸运的洞见或猜测或许可以预示一个被断定是突现的性质，不管这种预示是偶然的还是总是能得到的，但他不会因此被迫放弃他的主张，即这个突现性质不能被预言。其次，有可能表明，在某些情形中一个既定的性质不能从某些其他的性质中得到预言，或更确切地说，关于一个性质发生的特定陈述不能从一组指定的其他陈述中推导出来。因为借助于已经确立起来的逻

① 威廉·麦克杜格尔：《现代唯物主义和突现进化》，纽约，1929 年，第 129 页。

辑技术，就有可能证明关于第一个性质的陈述不是由关于其他性质的陈述衍推的；很容易提出这样一个论证，尤其是在前一个陈述含有那些并不出现于后一类陈述中的表达式时。第三，我们对原子"本性"的所谓"无知"或"不完备的知识"完全与这个问题无关。因为这个问题是一个简单的问题，即一个既定的陈述是否可以从一组既定的陈述中推导出来的问题，不是这个陈述是否能从某一组其他的陈述中推导出来的问题。正如我们已经看到的，当说我们改进或增加了我们关于"H 和 O 的本质"的知识时，我们所做的实际上是以另一个理论来取代一个关于 H 和 O 的理论；H 和 O 化合成水这可以从另外那个理论推导出来，这个事实并不与如下事实相矛盾，即这个陈述不能从原先的那组前提推导出来。正如在讨论热力学向力学的还原时已指出的那样，玻意耳—查尔斯定律不能从统计力学的假定中推导出来，除非增加一个把"温度"这个词与"分子的平均动能"这个表达式联系起来的假设。这个假设本身是不能从经典形式上的统计力学推导出来的；如果要推导出玻意耳—查尔斯定律，就必须向统计力学增添一个作为独立假定的公设（或某种与之等价的东西），这个事实表明什么是我们一直在解释的突现论的最中心的论点。

d. 我们已经承认，当把突现论解释为一个关于某些陈述之间的逻辑关系的论点时，它本质上是正确的。然而，应该指出，当这样来理解这个学说时，它的应用范围比突现论的支持者通常所认为的要宽广得多。这个学说主要是与化学现象、生物现象和心理现象相联系而被推进的，因为这些性质表征了处于"较高"组织"层次"的系统，相对于出现在"较低层次"上的性质，它们据说是"突现"性质。实际上，这个学说往往是相对于那些假定是对"力学说明"的普遍论要求发展起来的，因为如果一些性

质的确是突现性质，那么，它们的产生被认为不能用“力学的术语”来解释。这样有时就相信突现论的真理对力学科学施加了限制，在力学中，力的合成原则是一个得到保证的分析原则，它把力学与其他不适宜于运用这个原则的说明系统区分开来。[1]因此，突现论的支持者似乎是暗示（如果不是明确主张的话），在力学通常管辖的领域之内，甚至可能在物理学的领域之内，不存在突现性质；一个通常引用的非突现性质的例子是钟的行为，这个行为假设是可以从构成它的齿轮和发条的性质和组织的知识中预言出来的。

但构成突现论之核心的这个逻辑要点可应用于一切研究领域，它对力学和一般物理学之间的说明的分析与对其他学科的定律的讨论一样有关。以上对热力学向力学的还原的讨论阐明了这一点。但为了另外予以明晰和强调，考虑钟的例子。已经充分地注意到，可以根据力学预言出来的一只钟的“行为”只是它的行为周期，如钟的指针的运动构成的行为，这完全可以按照力学的基本思想来刻划。不属于这些思想范围之内的钟的行为周期（如在钟的温度变化或磁力变化上的行为，这些行为可能是由钟的组成部分的相对运动产生的）是不能由力学理论来说明或预言的。然而，好像只是任意的习惯妨碍把钟的行为的这些“非力学的”特点称为相对于力学的“突现性质”。另一方面，一定可以借助于关于热和磁的理论来解释这些非力学的特点，这样，相对于一类更广泛的理论假定，钟可能不显示任何突现性质。

---

① 参见穆勒在“原因的联合作用”中对“力学”方式和“化学”方式作出的区分，这个区分是突现论的经典来源。详见J·S·穆勒：《逻辑体系》，伦敦，1879年，第3册，第6章。

突现论的倡导者有时倾向于提出一个特殊的事实论点：所谓的"第二性的质"的产生不能由物理学理论来预言。例如，有人已论证说，从关于原子的微观结构的完备知识中，一位数学天使或许能够预言：当电火花通过氢气和氮气的混合物时，这两种元素就会化合，就会形成可溶于水的氨气。然而，虽然这位天使或许能够推出氨的精确的微观结构，但

> 他完全不能预言具有这种结构的物质在进入人的鼻孔时闻起来像氨气。在这上面，他能够预言的最根本的东西便是，在粘膜、嗅觉神经等等上会发生某些变化。但他不可能知道这些变化是由一般的气味或特殊的氨气的出现伴随着的，除非有人告诉他，或者他自己已经闻到了这种气味。[①]

但这个主张至多只是老生常谈，对于事物的物理性质（或"第一性的"质）这个主张也能够得到同样保证地断言，正如对第二性的质那样。情况无疑是这样的：一个在其表述中并不利用对物质的嗅觉性质进行指称的表达式的化学理论，不可能预言嗅觉的产生。它不能这样做，其理由正如力学说明不能说明物质的光学性质或电学性质，亦即，当在形式上来阐明一个推导时，没有一个采用了一既定表达式的陈述在逻辑上可以从不含有这个表达式的前提中推导出来。因此，如果一位数学天使实际上不能从关于原子的微观结构的知识中预言嗅觉，其能力的这一局限性不过是如下事实的结果，即可推导性的逻辑条件对人和对天使来说都是同样的。

---

① C·D·布罗德：《心灵及其在自然中的地位》，伦敦，1925年，第71页。

2. 现在让我们简要地考虑一下作为一个宇宙进化学说的突现论，这种形式的突现论主要强调突现性质的所谓“创新性”。突现进化论因此主张，在过去存在或在现在产生的形形色色的个体和性质不是完全的，性质、结构和行为方式不时地就会产生，而与之类似的东西以前从来没有在宇宙的无论什么地方出现过。这样，按照这个学说的一种表述，如果当把世界的目前状态(称之为“Ph.N.”)与任何先前的时期(称之为“Ph.A.”)相比时，可以证明在Ph.A.中缺乏的下列特点中的一个或几个在Ph.N.中出现，那么，可以说一个突现进化发生了：

> (1)两个时期(如相对于粒子的运动)共同具有的某种一般类型的变化的实例，如果它们产生的方式或条件不可能按照那些对于描述和预言出现在Ph.A.中的那种类型的一切变化来说是充分的定律来描述，那么，也不能把它们从这些定律中预言出来。定律的这种突现进化的一个、虽然不是唯一可设想的机会就是在物质当中，新的局部整合按照一组定律而产生，因此这种局部整合体的运动，以及构成它们的粒子的运动，遵从在规定意义上突现出来的矢量定律。……(2)新的性质……它们可以赋予已经存在的实体，虽然在Ph.A.中没有那些意外之事。(3)特定的实体，它们不具有刻划在Ph.A.中所发现的实体之特征的一切本质属性，但具有它们自己的独特属性(不仅仅是组合属性)。(4)某个或某些类型的事件或过程，它(或它们)在类型上不可还原地不同于在Ph.A.中出现的任何事件或过程。(5)大量的实例，它们不可能从来自于系统之外的两个时期所共有的任何一种或多种类型的基本

实体的转移中得到解释。[1]

作为一个永不终止的"创新性"学说的突现进化,因此往往被置于与预成论的观点相对立的位置上,尤其被归属于17世纪的科学,按照那时候的科学,一切自然条件不过是一组基本的简单"实体"在空间上的重新组合,而在这些基本"实体"所进入的各种各样的排列之中,它们的总数、性质和行为规律都保持不变。然而,一些作者已经超越了对这种"创新性"的断言,他们已经勾划出他们认为是创造性进化的发展阶段的东西;但我们不关心这些无边无际的思辨的细节。

a. 首先应该指出,创造进化学说与作为各种性质的不可预言性的进化概念之间似乎并不是相互衍推的。因为很可能存在这种情形:一个性质相对于一个既定理论是一个突现性质,但在时间的意义上根本不是新奇的。举一个极端的例子,物体具有重量这一性质不能从经典的物理几何学理论中推导出来;然而,没有理由相信物体在获得了空间性质之后才显示万有引力性质。另一方面,或许能够从某个原子结构理论推出氮气和氢气可以化合成一种可溶于水的氨气,虽然因为一般的物理条件不允许在(比如说)地球变得足够冷之前形成液态水,但是溶解于水的氨气的实际例子还没有出现。这样随着某种氨气在其中的溶解,水在随后的形成在时间上就是一个新颖的事件。因此,是否任何性质在是时间上新颖的意义上都是"突现"性质的问题,这是一个与如下问题级别不同的问题,即是否任何性质在是不

① 阿瑟·O·洛夫乔伊:"'突现'的意义及其方式",载《第六届国际哲学会议文集》(埃德加·S·布里奇曼编),纽约,1927年,第26—27页。

可预言的意义上都是"突现"性质。后一个问题主要(虽然不是完全)涉及到陈述之间的逻辑关系;而前者则基本上是一个只有通过经验历史研究才能解决的问题。

b. 因此,一个性质、过程或行为方式是否是一个突现进化事实的问题是一个直截了当的经验问题,至少原则上可以诉诸历史研究来加以解决。不过,试图回答这一问题面临着一些困难,这些困难值得简要提及。其中一个困难是实际困难,是由于如下情形而产生的,即为了完全地回答这个问题,我们必须具有宇宙(或它的某个部分)中过去事件发生的详细知识,以便能够决定一个被认为是突现的性质或过程是不是确实如此。但我们对过去的知识是严重不完备的,我们只是在一些有限的情形中才具有表明在某一既定时间之前某些性质和过程可能还没有发生的相当可靠的证据。因此我们并不具有一个充分的基础来确定无疑地判定在原子和亚原子层次上各种在目前被信以为发生的过程是不是已发生,或者判定它们是不是当前的宇宙时代的特征。另一方面,如果我们理所当然地认为生命有机体依赖于有利的温度条件,如果我们也假设在某个时期地球的温度对于这些有机体发挥其功能来说太高,那么实际上变得确实的是:在某一时期之前生命形式不会在地球(或者宇宙的任何地方)上出现。

第二个困难来源于"性质"和"过程"这类词的含糊性,来源于缺乏精确标准判定两个性质或过程是否应算做"同样的"或"不同的"。这样,一组对象的"纯"空间的重新排列显然不能被看作是一个突现性质的例子,甚至当那个特定重组先前并没有出现过。不过,问事物的每个空间上的重新分布是否都总是与某个"性质上的"变化相联系,这样空间变化事实上也就是重新分布的事物的性质上的变化,这是恰当的。譬如说,在一个底上静止的正方形形成的模式一定"看起来不同于"这个正方形绕它

的一个顶点旋转时形成的模式。如果第二个模式以前并不存在,那么它的产生将算是一个新性质的出现吗?但如果它算得上是某个新的东西,那么,几乎任何变化都必须看作是对突现进化的例证。因为一个特定的事态可以分析成为一组特性,其中每个特性在过去都出现过。另一方面,在它们目前的展现中,这些特性都出现在一个确定的关系情景中;虽然这些关系的这个特定模式是一个可重复的模式,但那些特征实际上从来没有在那个模式中得到示范。因此,这个特定的事态说不定就例证了一个突现性质;由于每个情景都可能会显示这种新的模式,尤其是对一个情景的时空范围如果不加限制的话,这样一来突现论就很容易衰退成为一个价值不大的论点:事物都发生变化。

进一步,如果一个特定的实体并不具有处于先前的演化阶段的那些实体的"一切本质属性",那么,它便可以算作突现进化的例子,如何理解这个包含在以上引文中的规定呢?一般来说,一个性质是否被看作一个"本质"属性取决于该问题的语境,取决于所考虑的问题。但如果是这样,那么按照那个规定,一个突现性质和一个非突现性质之间的区分是随着研究兴趣和目的的变化而变化的。不要认为这些困难是突现论的灾星。但这些困难表明,如果不比通常那样更审慎地表述这个学说,那么就很容易把它解释为一个老生常谈。

c. 在突现进化的意义上存在着突现性质,这个主张完全符合对因果原理的普遍性的相信,不管怎样符合这个信念的这一形式:一切事件的产生都存在着确定的条件。一些突现进化的倡导者的确把这个学说与各种形式的激进的非决定论结合起来;而其他人则总是把突现与所谓的"目的论因果关系"联系起来,因而把新的性质和过程的出现归因于有目的性的力量的作用。然而,对非决定论的相信和对目的论因果关系的相信对突

现进化都不是本质的。实际上有许多突现进化论者认为,一个新的化合物的产生,比如说,总是依赖于某些化学元素的明确的且唯一的构型的形成;他们进一步认为,每当这些元素以那种特定的方式相结合时——不管是通过有目的性的创造物的力量还是通过偶然的情形——就总是形成同一类型的化合物。

d. 也值得注意,即便正好流行相反的看法,但经典物理学(尤其是经典力学)的假定和方法既不蕴含着突出进化论点,又不与之相矛盾。的确,对物理学存在着一些哲学解释,按照这些解释,事物的性质"根本上"就是那些标志着力学特征的性质,自然中唯一"真实"的变化就是空间变化。但这些解释的有效性值得怀疑,因此不能认为它们是对物理学理论之本质的合适论述。正如我们已经看到的,力学科学只是对一组有限的、经过选择的理论概念才行之有效。但这个事实并没有衍推这一要求,即力学否认了那些不是它主要关心的事物的性质的实际存在或可能突现。这种否定是毫无理由的,即使物理学家早期的希望已经实现,力学还继续保留它一时间作为普遍的自然科学的显赫地位。因为对一个事件或过程的力学说明只在于以力学术语来陈述它所发生的条件。但如果不先通过观察这个事件或过程的特征(不管这些特征是不是纯力学性质;也不管这些特征是不是新奇的)来鉴定它,那么,力学说明显然是不可能的(对事物进行说明这项事业受到了自我挫败的惩罚)。总之,当分析力学或任何其他的经典物理学理论的结构时,变得明显的是,这个理论的操作有效性并不取决于对如下历史论点的接受或否认,即在时间的历程中,新的性质和个体出现在宇宙中。

e. 或许包含在突现进化论中的最饶有兴趣的提议是:"自然律"本身是变化的,事件之间新的依赖模式在不同的宇宙时代都在显示出来。当然明显的是,这里想说的不只是我们对事件

和过程的结构的知识或阐述是在不断发展的，而是这些结构本身也在随时间而变化。这样，玻意耳—查尔斯定律并不像范德瓦尔斯方程那样是对气体行为的合适表述；但不要以为我们已经以后者取代前者这一事实表明气体的行为模式已经发生了变化。此外，这个建议也并不只在于这一推测，即某个特定物理系统的行为方式正在演变。譬如说，有证据表明地球的自转周期正在衰减。然而，这个特定的事实不是由力学定律正在发生变化这一假定来解释的，而是按照像潮汐的"制动"效应这样的因素来说明的，这种因素是由太阳和月亮按照假设不变的定律产生的。因此，这个建议所期待的是这一可能性：深层的结构类型正在发生变化，或事物正在显示新的关系模式；譬如说，在一切成对的粒子之间的万有引力不总是与距离的平方成反比，而是可以缓慢地发生变化，结果使得这个距离的幂随着时间而增加；或者，各种化学元素可能会逐渐显示新的性质和相互间的新的化合方式。然而，这个建议并非没有严重的困难，现在必须指出其中的一些困难。

或许最明显的和最致命的困难来自于这一事实：我们无法确信是否一个定律的表面上的变化实际上就是一个变化，或是否这样变化只是表明我们对于某种类型的结构得以遍布的条件的知识是不完备的。例如，假设我们可以得到一些证据，这些证据似乎表明某个普适常量（例如真空中的光速）正在发生变化，结果它在本世纪期间的值小于它在前历史时期的值。然而，在这个时期其他的东西也发生了变化：银河系的相对距离不再是同样的；在恒星及其辐射量上已经有一些内在变化；甚至可能某个迄今还没有检测到的物体的特性（某个可与物质的导电性相比拟的特征，前者也只是相对晚近才发现的）也发生了变化。因此至少可以设想光速不变定律是错误的，光速是随着以上提到

的这样一些因素而变化的。要排除对证据的这种可能解释肯定不是一项简单的任务；实际上，大多数物理学家无疑会更倾向于认为，只有当某些前提条件得到满足时迄今所接受的这一定律才是正确的，因而把它看作是一个更广泛的定律的极限情形，而不是假设这个无所不在的物理条件的结构正在经历变化。不管怎样，这个假设是否会被广泛接受，很可能取决于在建立一个综合性的、统一的知识体系上该假定证明是多么有效和方便。因此，虽然一些定律可以发生变化这一建议并没有摆脱这一可能性，但它充其量不过是一个高度思辨的假定，对它不容易提供合理的结论性证据。

一切定律都随时间而变化这一学说面临着另外一个不同级别的困难。[1] 一个定律正在经历变化，支持这一主张的证据是如何得到的呢？实际上不可能"看到"一个深层的关系模式在变化，必须把现在与过去相比较才能获得这个结论的基础。然而，过去是不能为直接的视察接近的。它只能从可以在现在得到的资料中来重建，借助于至少在某一时期被认为必须保持不变的定律，而这个时期要包括那个过去和现在。例如，假设物体之间的万有引力据说是缓慢地衰减的，理由在于潮汐在过去普遍高于现在，即使天体的数目和相对位置一往如旧。但我们怎么能知道过去确实就是这样的呢？除非为了从现在的资料推出那些过去的事实我们利用了还没有发生变化的定律。这样，我们可能会发现沉积在越出了现在潮汐范围之外的高度的海盐。然而，即使我们暂不考虑这一问题——陆地是否还没有被不是出于潮汐高度降低的地质作用抬高——但盐是由海洋沉积的这一

---

[1] 参见亨利·彭加勒："进化的法则"，载《最后的思想》，巴黎，1926年；巴斯卡·约丹：《恒星的起源》，斯图加特，1947年。

结论把各种有关潮水运动和液体蒸发的定律视为理所当然的。因此，这个假定——在一个变化过程中，一切定律都同时涉及到——是自我消灭的，因为，由于这样一来过去根本无法为我们的知识所接近，我们无法得出支持那个假定的任何证据。

突现定律的这个建议所具有的最合理的形式是：当迄今不存在的物质的组合和整合发生时，遵从新的依赖方式的新型式的行为便出现了。例如，化学家已经在实验室中合成这样的物质，这些物质就我们所知在以前还不曾存在过，它们具有独特的新性质和与其他物质相互作用的新方式。在化学实验室中偶然出现的现象无疑更经常地发生在自然这个更古老更广阔的实验室中。当然可以说这种新的依赖型式"实际上并不新"，它们不过是那些总是已出现在"事物的本性"中的"潜势"的实现；也可以说只要具有关于这些"本性"的"充分知识"，任何一个具有必要的数学技能的人就能先于它们的实现预言这些新奇的事物。对这个反驳的后一部分我们已经进行了充分的评注，因此可以不费力气地把它斥责为无效的、不恰当的。至于这个异议的第一部分，必须承认它是不可反驳的；但是，这个异议所断言的东西没有什么事实内容，它的不可反驳性是一个纯属定义的老生常谈的不可反驳性，这一点也将是很清楚的。

五、整体，总和与有机统一体

在离开还原和突现的论题之前，讨论一下经常与它们相联系的一个熟悉论点是很方便的。按照这个观念，存在着一种重要的个别整体（物理的、生物的、心理的以及社会的），它们由于如下事实而不同于其他整体，即它们是"有机统一体"，不只是互不相干的部分或成员的"聚集体"。这种整体往往是由如下宣言

来表征的，即它们具有一个组织，而正是由于这个组织，“整体大于其部分之和”。由于有机整体的存在有时被认为对科学中进行还原的可能性施加了确定约束，对物理学方法的范围施加了限制，因此有必要刻意考查这种整体。

首先必须指出初步的一点。如通常所使用的那样，“整体”、“总和”这两个词及其派生词不同寻常地是歧义的、隐喻的和含糊的。因此往往不可能评判含有这些词的陈述的认知价值和意义，这样就必须区分和澄清这些词的一些含义。一些例子将阐明这种澄清的必要性。一个四边形封闭一个区域，它的两条对角线之一把该图形划分成为两个部分区域，这两个区域的总和等于原来图形的区域。在这个几何学例子中，以及在许多类似的例子中，陈述“整体等于其部分之和”往往被接受为真的。其实，在这一情形，不仅往往承认这个陈述是真的，而且它必然为真，这样一来它的否定便被认为是自相矛盾的。另一方面，在讨论一块糖的味（当与其化学成分的味相比较时）时，一些作者已主张，在这一情形中整体不等于其部分之和。这个主张显然是想提供有关所讨论的物质的信息，认为它在逻辑上是荒谬的而拒斥它，这就显得专横了。不过，明显的是，在提出这一主张的情形中，“整体”、“部分”、“总和”乃至“相等”这些词都是在与它们在几何学情形中相联系的意义不同的意义上被使用的。因此我们必须承担区分这些词的一些含义的任务，这些含义似乎在各种研究中都起着作用。

1. “整体”和“部分”这两个词往往用于关联的特征。这样说 x 相对于某个东西 y 是一个整体，而 y 在某种意义上是 x 的一个成分或部分。因此，简要地列举一下整体和相应的部分的某些熟悉的“类型”将是便利的。

a. “整体”这个词用来指称某种具有空间广延的东西，这样在空间上包含在它之中的任何东西就称为这个整体的一个“部分”。但在这种区分下“整体”和“部分”还有几个特殊的含义。首先，这两个词项可以专门指称空间性质，这样整体是把某些长度、面积或体积包含为它的部分的某个长度、面积或体积。在这个意义上，整体和部分都勿需是空间上连续的；因而美国及其大陆本土不是一个空间上连续的整体，美国大陆把一些在空间上也不连续的沙漠地带包含为它的一部分。其次，“整体”可以指称一个空间上延展的事物的一个非空间性质或状态，“部分”则指称该事物的某个空间部分的同样性质。这样，可以说在一个物体上的电荷以该物体的空间部分之上的电荷作为它的部分。第三，虽然有时只是那些算做一个空间整体之部分的空间性质才是与整体一样具有同样空间尺度的性质，但在其他时候这两个词的用法更自由。因此通常说一个球体的表面是它的一个部分，但在其他场合只是把在该球体之内的体积称为它的一个部分。

b. “整体”这个词指称某个时期，这样它的各个部分就是它所包含的时间间隔。如在空间整体和部分的情形中一样，时间整体和部分勿需是连续的。

c. “整体”这个词指称任何类、集合或元素的聚集体，而“部分”则可以指称原来的那个集合的任何真子类或该集合中的任何元素。这样，由某一年在美国出版的所有书组成的整体的一个部分，可以理解为在那一年出版的所有小说，或一本小说的某个特定的副本。

d. “整体”这个词有时指称一个对象或一个过程的性质，而“部分”指称与该性质处于某些指定关系之中的某个类似性质。

这样，往往说物理学中的一个力以按照一个熟悉的原则把它分解成为的其他力作为它的部分或成分。类似地，有时说由两个光源照亮的一个表面的物理亮度以每个光源所照亮的亮度作为它的部分。在这两个词的目前意义上，一个部分不是该整体的一个空间部分。

e. "整体"这个词可以指称在某些指定类型的对象或事件之间的一个关系模式，这个模式可以在各种场合、有所变化地体现出来。但这样一来，"部分"就可以表示不同情形中的不同事物。它可以指称在该模式得到体现的某个场合在其中联系起来的任何一个元素。这样，如果一首乐曲（比如说"奥尔德·兰·辛尼"）是一个整体，那么它的一个部分就是当在某一特定时刻唱这首歌时唱出来的第一个声调。它也可以指称在该模式的某个特定的体现方式中在其中占据相应位置的一类元素。这样，这首乐曲的一个部分就是当"奥尔德·兰·辛尼"以 E 大调唱出来时第一个声音的类。或者"部分"这个词可以指称整个模式中的一个次要阶段。在这一情形中，这首乐曲的一个部分就是出现在它的头四节中的音调模式。

f. "整体"这个词可以指称一个过程，它的一个部分就是另一个过程，后者是一个更广泛的阶段的一个可以辨别出来的阶段。这样，咽食过程是吃东西的过程的一个部分。

g. "整体"这个词可以指称任何具体对象，"部分"指称它的任何性质。在这个意义上，在形状上是圆柱形或有延展性的这一特征是一段铜丝的一个部分。

h. 最后，"整体"这个词往往用来指称任何系统，它的各个空间部分相互间处于种种动态依赖关系之中。许多所谓的"有机统一体"似乎就是这种类型的系统。然而，在"整体"的目前意义上，种种事物习惯上都可称为是它的部分。这样，由在一个容

器之内的两种混合气体构成的系统据说往往(虽然不总是在同样的情景中)以如下这几项中的一项或多项作为它的部分:它的空间上延展的构成部分,如这两种气体和容器;该系统或它的空间部分的性质或状态,如该系统的质量或两种气体之一的比热;系统在达到或保持热力学平衡时所经历的过程;它的空间部分受到的空间组织或动态组织。

对"整体"和"部分"的含义的这个列举,虽然一点也不完备,但足以表明这两个词的模糊性。而更重要的是,它也表明,由于在这两个词所出现的一些场合中使用了"总和"这个词,因此这个词也有类似的模糊性。因此让我们来审视一下它的几个典型含义。

2. "总和"这个词实际上是不是联系着已经区分出的"整体"和"部分"的每个含义来使用的,如果是这样的话,那么,与之相联系的是什么意义呢? 对这个问题我们将不予探究。实际上,在使用这个词的许多情形中,并不容易为之指定一个清晰的含义。因此我们只限于指出这个词的一些公认的用法,在其含义还不清楚、其用法让人误解的一些情形中,提出对这个词的一些解释。

a. "总和"和"加和"这两个词的最精心规定的用法出现于数学和形式逻辑中,这并不令人惊奇。但甚至在那些情形中,这个词也有种种特定意义,那取决于被加和的是什么类型的数学"对象"和逻辑"对象"。因而对整数便有一个熟悉的加和运算;对比值、实数、复数、矩阵、关系以及数学或逻辑的其他"实体"也有名称相同但实质不同的运算。还不完全清楚何以这些运算都有"加法"这个共同的名称,虽然在许多这样的运算之间至少存在着某些形式类比;例如,大多数这样的运算是交换的和结合

的。然而，对于隐含在这个例子中的这个一般规则也有一些重要的例外，因为有序集合的加法并非一致是交换的，虽然它是结合的。另一方面，在数学中，两个实体的总和总是某个唯一的实体，它与被加的项具有同一类型；因此两个整数的和是一个整数，两个矩阵的和是一个矩阵，等等。此外，虽然“部分”这个词不总是联系着数学“对象”来使用或定义的，但每当使用它与“总和”这个词时，是这样来使用它们的，以致于“整体等于其部分之和”这一陈述是一个分析真理或必然真理。

然而，很容易构造这最后一个主张的一个明显反例。设 K^* 是整数的有序集合，其顺序以下列方式排列：先由小到大地排列奇数，然后在那个秩序中排列偶数。这样 K^* 可以用记号表示为：(1、3、5、……、2、4、6、……)。接下来设 K_1 是奇数的类，K_2 是偶数的类，这两个类都不是有序集合。现在让 K 是 K_1 和 K_2 的类的和，这样 K 包含一切整数作为其成员；K 也不是一个有序集。但 K 的全体成员等同于 K^* 的全体成员，虽然很清楚 K 和 K^* 并不等同。因此，可以证明在这一情形中总体(即 K^*)并不等于其部分之和(即 K)。

这个例子在三个方面颇有教益。它表明了这一可能性：若精确地定义“整体”、“部分”、“总和”这些词，则“整体不等于部分之和”不仅不是逻辑上荒谬的，而且实际上是逻辑上为真的。从而没有先验的理由认为这种陈述必然是胡说八道而不予考虑；真正的问题是要决定，当做出这样的断言时，在什么意义上断言中所含有的关键词是在既定的情形中被使用的。但这个例子也表明，虽然这样一个语句按照“部分”和“总和”的一种指定用法是真的，但也有可能指定另外的意义给这些词，以致于在这些词的重新规定的意义上，整体等于其部分之和。其实，把 K_1 或 K_2 称为 K^* 的一个部分并非数学中的标准用法。相反，习惯上只

把一个有序片断算作 K^* 的一部分。因此,让 K_1^* 是按照从小到大的次序排列的奇数的有序集合,让 K_2^* 是相应的偶数的有序集合。这样 K_1^* 和 K_2^* 就是 K^* 的部分。〔K^* 也是其他的部分,如如下一些有序片断:(1、3、5、7),(9、11、……,2、4),(6、8、……)。〕现在形成 K_1^* 和 K_2^* 的有序总和。但这个总和得出了集合 K^*。这样在"部分"和"总和"的这些指定含义上,整体等于其部分之和。因而清楚的是,当一个既定的系统有一种特殊类型的组织或结构时,一个有用的"加法"的定义(若能给出这样一个定义的话)必须考虑那个组织方式。任何一个运算都可以选择"加和"这个名称,但不是一切运算对于发展一个既定的研究领域都是恰当的或合适的。

最终,这个例子表明,虽然一个系统有一个独特的结构,但按照其基本的构成要素之间的关系,而且以这样一种方式来指定那个结构,以致于可以把该结构正确地表征为一个其部分本身是按照那些元素和关系来指定的"总和",这并非原则上不可能。正如我们将看到的那样,许多学者联系着某些类型的有组织系统(如生命有机体)否认或似乎否认这一可能性。目前的例子因而表明,作为一个事实问题,虽然我们或许不能按照某个有关其基本构成要素的理论来分析某些高度复杂的"动态"(或"有机")统一体,但这种无能不能被证实为是一个固有的逻辑必然性问题。

b. 如果我们现在转到实证科学,我们就会发现这里也有大量的称为"加法"的合适定义的运算。需要引出的主要区分是在数量总和和矢量总和之间的区分。让我们依次对其进行考虑。前者的例子是大量事物群体、空间性质(长度、面积、体积)、电阻、电荷和导热能力的加和。它们例证了我们以上区分的"整体"和"部分"的头三个含义;在其每个含义上,"总和"是这样来

指定的，以致于整体是经过合适选择的部分的总和。

另一方面，有许多量，如密度或弹性，是不能以任何有益的方式对其定义加法运算的；这里大多数情形属于以上关于"整体"和"部分"之区分的后4种。此外，还有一些只是在高度专门化的条件下才对其指定加法的性质；例如，只是当所发射的光是单色光时，才规定两个光源的亮度的总和。因此，说一个物体的密度（或形状）是或者不是它的部分的密度（或形状）的总和，这是毫无意义的，其原因不过是：既没有明确地加以表达的规则也没有可以确定的习惯步骤把在这种情形中的"总和"这个词与一个用法联系起来。

矢量性质如力、速度和加速度的加法遵从熟悉的平形四边形组合原则。这样，如果一个物体受到方向为北的一个3磅的力的作用，又受到方向为东的一个4磅的力的作用，那么，这个物体就会运动，好像它是受到一个沿东北方向的5磅的力的作用似的。这个单一的力就是这其他两个力的"和"或"合力"，而这两个力则称为它的"分力"，反过来，任何一个力都可以分解成为任意数目的分力的和。这里"和"的含义往往与以上有关"整体"和"部分"之区分的第四个含义相联系；显然这个含义极不同于在"两个长度之和"这样的情形中这个词的含义。

贝特兰·罗素已经论证说不能恰当地说一个力是其分力之和。因而他宣称：

> 设存在三个粒子A、B、C。我们可以说B和C都引起C的加速度，我们通过平形四边形法则合成这两个加速度。但这个组合不是真正的加法，因为分量不是合量的**部分**。合量是一个新的项，与其分量一样简单，根本不是它们的和。因此归因于B和C的效应绝

> 不会产生，但与二者均不同的第三项产生了。我们可以说这是由作为一个整体来考虑的 B 和 C 产生的。但它们作为一个整体产生的效应只能通过假设每个都产生一个分离的效应来发现：如果不这样假设，那么，就不可能得到其合量是这个实际加速度的那两个加速度。因此我们似乎达到了一个自相矛盾：整体除了来自于部分之效应的东西之外没有效应，但部分的效应又是不存在的。[1]

然而，这个论证所表明的不过是，所谓一个力（或一个加速度）的分量，我们并不是指任何类似于我们对一个长度的部分所理解的东西——力的分量不是力的空间部分。这个论证并没有确立起这一主张，即力的加法“不是真正的加法”，除非“加法”这个词实际上是如此有限制性地加以使用的，以致于并不涉及整体（它被说成是部分之和）的空间部分（或可能地，时间部分）之排列的任何运算，都不能说成是“加法”运算。但是在后面这种情形中，在物理学中称为“加法”的许多其他运算，如导电能力的迭加，也就必须另外加以称呼。此外，在如下假设中也不会产生什么自相矛盾，即，一方面，每个单独作用的分力的效应并不存在，而另一方面，由分力的共同作用产生的实际效应是它们的部分效应的合成。因为这个假设不过是以一种符合加法和力的分解的先前定义的语言表示了这种情况。

因此罗素提出的问题至多是术语上的问题。不过他的异议是有教益的。因为它要求我们注意一个事实，即，当抽象地看待问题时，一组既定元素的“总和”不过是由那组既定元素的某个

---

① 贝特兰·罗素：《数学原理》，剑桥，1903 年，第 477 页。

函数(在数学意义上)唯一地决定的一个元素而已。在某些情形中可以给予这个函数一个相对简单、熟悉的形式,在其他情形中则赋予它比较复杂陌生的形式;不管怎样,是否要把这样一个函数引入一个既定的研究领域,如果要引人的话要给予它什么形式,这个问题是不能先验地加以解决的。问题的核心是:当指定这样一个函数时,如果一组元素满足该函数所规定的无论什么条件,那么,从这些前提中推导出关于那些元素的一个结构复合体的陈述,就变得有可能。[1]

c. 现在我们必须考虑与以上区分的第五个含义相联系的"总和"的用法,这个用法往往与如下宣言相联系:总和大于其部分之和,或不管怎样不仅仅是其部分之和。我们假设下列陈述代表了这种用法:"虽然一首乐曲可以由钢琴上的一系列个别的乐音产生,但这首乐曲不是它的个别音符的总和"。需要问的明显问题是:"在什么意义上这里使用了'总和'这个词?"显然,只有当存在着像乐曲的个别音符之总和这样的东西时,这个陈述才能提供信息。因为只有当有可能把这样一个总和与作为该乐曲的总体相比较时,才能证明这个陈述是真的或假的。

然而,大多数倾向于对这样一个陈述进行断言的人并没有

---

① 一个与罗素提出的问题相类似的问题是联系着相对论中速度的加和而提出来的。设 A、B、C 是三个物体,A 相对于 B 的速度是 V_{AB},B 相对于 C 的速度是 V_{BC}(这里 V_{BC} 的方向平行于 V_{AB} 的方向),A 相对于 C 的速度是 V_{AC}。则根据经典力学,$V_{AC}=V_{AB}+V_{BC}$。但按照狭义相对论,

$$V_{AC}=\frac{V_{AB}+V_{BC}}{1+\frac{V_{AB}V_{BC}}{C^2}}$$

这里 C 是光速。已有人证明在后面这种情形中,我们并不是在"真正地相加"速度。然而,可以用与处理罗素的论证本质上一样的方式来处理这个异议。

说明这个总和是什么；因此，推测他们要么不清楚他们所指的究竟是什么，要么他们并不意指什么东西，这不是没有根据的。在后一种情形中，对于这种声明能够采取的最宽容的观点，便是把这种声明看作不过是对一个可能有效的主张的错误表示，即加和的概念不能应用于乐曲音调的构成。另一方面，一些作者显然把在这一情形中的“总和”理解为个别音调的一个无序的类；因而他们断言这个类并不是这首乐曲。但这并不是什么新东西，虽然可能也有人相信其他的东西。不管怎样，除了这个意义之外，似乎没有通常与“音调的总和”或类似的短语相联系的意义。因此，在“整体”指称由相互间处于某些关系之中的元素形成的一个模式或构型的情形中，如果是在这个含义上使用“总和”这个词，那么说整体大于其部分之和，这完全是真的，虽然不免琐碎。

然而，如已经指出的，这个事实并不妨碍这一可能性，即可以把这种整体分析成为一组相互间以确定的方式联系起来的元素；当然它也不排除这一可能性，即赋予“总和”以一个不同的含义，以便这样一来就可以把一首乐曲分析为经过合适选择的部分的总和。显然，当以通常的音乐记法来表示一首乐曲时，至少可以实现对它的一个部分分析；这个分析明显地可以弄得更加完备和明确，甚至于以形式的精确性得到表示。[①]

但在这点上，有时候认为把构成一首乐曲的音调看作从中可以重构这首乐曲的独立部分，是一个根本的错误。相反，有人已论证说，我们“在每个地方从一首乐曲中体验到的东西，其本

---

① 对乐曲这种完形的一个一般化的形式分析的有趣介绍，参见库尔特·格雷林和保罗·奥本海姆：“在新逻辑的光芒之中的完形概念”，《认识》，第7卷(1938年)，第211—225页。

身是由这个整体的特征决定的一个部分。……一个音调的血肉从一开始就依赖于它在这首乐曲中的作用：作为C的导音的b是一个截然不同于作为主音b的东西。"[1] 正如我们将看到的，类似的观点已经联系着其他情形和其他类型的完形和"有机"整体发展起来。

现在看来，由一个特定的音调所产生的效果的确依赖于它在其他音调的语境中的位置，宛如对身体的一个特定的压力所产生的效果一般地取决于其他起作用的压力。但这个事实并不意味着不能恰当地把一首乐曲看作一个关系的复合体——构成它的音调是可以独立于它们在该复合体中的出现来鉴定的。因为如果这一推断的确有效，那么，就不可能描述一首乐曲是如何从个别音调中构造出来的，因而就不可能规定要怎么样来演奏它。其实，这样一来，说"作为C的导音的b是一个截然不同于作为主音b的东西"就是自相矛盾的。因为这样一来在表达式"作为C的导音的b"中的名字"b"就不可能指称表达式"作为主音的b"中的名字"b"。总之，就作为事件的模式或完形的整体而论，"总和"这个词或者是以使得整体不等于其部分之和这样一种方式来定义的，或者不是以这样一种方式来定义的，这个事实并不构成任何内在地不可逾越的障碍，它阻止我们把这种整体分析成为相互间处于指定关系之中的元素。

d．最后，我们必须联系着这种一个整体来考查"总和"的用法，这种整体就是由动态相互关联的部分构成的有组织系统。让我们假设如下陈述是这种用法的典型，即"虽然一个物体的质

---

[1] 马克斯·韦特海默尔："完形理论"，载《完形心理学探源》(威尔斯·D·埃利斯编)，纽约，1950年，第5页。

量等于其空间部分的质量的总和，但一个物体也具有不是其部分所具有的诸性质之和的性质”。刚才联系着像乐曲这样的事件模式对“总和”这个词的解说，也可以推广到这个词目前的使用情形；我们不再重复这些解说。然而，在目前这个例子中，可以提出对“总和”的另外一种解释。

有时候说一台机器(如钟)的行为是其空间部分的行为之和，当这样说时，这个断言的可据以推断的内容是什么呢？假设“总和”这个词在这里不是指代诸元素的一个无序的类，这是合理的，因为钟及其行为都不是这样一个类。因此可以合理地认为这个断言是主张，从力学理论以及有关该机器的各部分的实际排列的合适信息中，有可能推导出关于整个系统结果具有的性质和行为的陈述。因此，以类似的方式来分析一些其他的陈述看来也是合理，比如说J·S·穆勒的陈述：“绝不会发现一个化合物的不同作用是其分离部分的作用之和”。[1] 更明确地说，可以把这个陈述理解为断言：从关于化合物的构成要素的某个假设理论中，实际上不可能推出关于这些化合物的许多性质的陈述，即使把这个理论与关于化合物中构成要素之组织的资料结合起来。

如果我们采纳这个建议，我们就得到了对“总和”的一个解释，这个解释特别适合这个词在这种语境中的用法，在这种语境中整体是由相互依赖的部分构成的有组织系统。让T是一个理论，该理论一般能够说明一组性质P_1、P_2、……，P_R的产生及其相互依赖方式。更专门地说，假设我们已经知道，当属于诸个体的一个集合K的一个或多个个体在一个环境E_1中出现，而且相

---

① J·S·穆勒：《逻辑系统》，伦敦，1879年，第3册，第6章，第2节(第1卷，第432页)。

互间处于某个关系之中(该关系属于诸关系的一个类 R_1)时,这样一个系统显示了 P 的一些或全部性质,就此而论,理论 T 能够说明该系统的行为。现在假设属于 K 的一些个体或全部个体在一个环境 E_2 中形成了一个关系复合 R_2,R_2 不属于 R_1,而 E_2 也可以不同于 E_1,又假设该系统显示了某些行为方式,这些行为方式是用诸定律的一个集合 L 来表述的。这样一来可以区分两种情形:从 T 以及关于 R_2 中的个体之组织的陈述中,有可能推出定律 L;或者,不是 L 的一切定律都能被这样推出。在第一种情形中,可以说系统 R_2 的行为是构成它的个体的行为的"总和";在第二种情形中,R_2 的行为不是这样一个总和。显然,按照本章的术语和区分,在第一种情形中,L 还原到 T 的两个条件都得到满足;然而在第二种情形中,虽然可连结性条件可以得到满足,但可推导性条件得不到满足。

如果对这个词的这种指定的使用情形采纳对"总和"的这个解释(让我们称之为这个词的"可还原性含义"),那么,就得到了一个结论:在作为其部分之和的整体和不是其部分之和的整体之间的区分,是*相对于*据以对一个系统进行分析的*某个假定理论*的。这样,正如我们已看到的,在 19 世纪期间发展起来的物质运动理论可以说明气体的某些热学性质,包括气体比热之间的某些关系。然而,当分子的集聚状态是固态而不是气态时,那个理论就不能解释比热之间的这些关系了。另一方面,现代量子论能够说明有关固体比热的事实,大概也能说明固体的其他热学性质。因此,虽然相对于经典运动理论,固体的热学性质不是它的构成部分的性质之和,但相对于量子论,那些性质是其部分的性质之和。

3. 现在我们必须简要地考虑一下那些通常被说成是"有机统一体"的系统的特征,往往认为这种系统所显示的行为不能按

照“加和观”来加以分析。虽然生物体是最经常引用的有机整体的例子，但我们现在将不专门考虑这类系统。因为普遍承认生物体只构成这种系统的一个特殊的类，这种系统具有一个由内在联系的各个部分构成的结构；暂不考虑与生命现象的分析有关的问题将是一个优点。

有机整体或“功能”整体已被定义为这样的系统，“这种系统的行为不是由某个别元素的行为决定的，在这种系统中，部分的过程本身是由整体的内在本性决定的”。[①] 因而这种系统的特征是：它们的部分不是互不相干地进行活动和具有特征的。相反，它们的部分被认为是这样相互联系起来的，以致于在其中一个部分上的任何变化都会导致一切其他的部分发生变化。[②] 因此，功能整体也被说成是这样的系统，这种系统不可能是通过把元素依次地组合起来而又不导致这些元素的变化地从这些元素中构造出来的。[③] 这样，往往有人声称不可能恰当地从一种“加和观”来分析一个功能整体；也就是说，这种整体的构成要素起作用的特征方式必须在原来的位置上来加以研究，整体活动的结构无法从孤离于这个整体的那些构成要素所显示的性质中推导出来。

这种功能整体的一个纯物理例子由于克勒而广为人知。考

---

① 马克斯·韦特海默尔，同前引，第 2 页。也可参见科夫卡的陈述：“如果分析要完备地揭示宇宙，它就必须停留在那些具有功能实在性的整体上，不管这些整体的大小如何。……不是从元素开始，从中引出整体的性质，相反的过程是必要的，亦即，试图从整体的性质中来理解部分的性质。作为一个范畴，格式塔的主要内容，就是这种涉及到认识内在的、真实的、动态的整体性质的部分和整体之关系的观点。”——K·科夫卡：“格式塔”，载《社会科学百科全书》，纽约，1931 年，第 6 卷，第 645 页，引文承蒙麦克米兰公司惠允。

② 参见库尔特·莱温：《拓扑心理学原理》，纽约，1936 年，第 218 页。

③ W·克勒：《处于静止状态的自然格式塔》，不伦瑞克，1924 年，第 42 页；也见埃利斯，同前引，第 25 页。

虑任何形状(如椭球形)的一个充分绝缘的电导体;假设电荷是被逐渐带到这个导体上来的。电荷就会以这样一种方式立即分布在导体的表面上,以致于在整个面上电势是相等的。然而,电荷的密度(即每单位面积的电荷量)一般不是在该表面的一切点上都是均匀的。这样,在椭圆形的导体中,在曲率最大的点上,电荷密度将是最大的,而在曲率最小的点上,电荷密度将最小。[①] 简单地说,电荷的分布将显示一个有特征的模式或组织,这个模式取决于导体的形状,但不依赖于构成它的特殊材料,也不依赖于置于导体上的电荷总量。

但是,不可能一点一点地建立这个分布模式,譬如说,通过首先把电荷放在导体的一个部分,然后放在另一部分,以便在一切电荷都放在导体上后,这个模式会发生。因为当把一个电荷放在表面的一个部分时,该电荷不会呆在那儿,而是将以指定的方式进行分布;结果,在一个点的电荷密度不是独立于在一切其他点的电荷密度的。类似地,把某一部分电荷从表面的一处移到另一处而不改变在其他点的电荷密度,这是不可能的。因此,虽然在导体上的整个电荷是可分离的部分电荷之和,但电荷密度的构型不能被认为是由独立的部分构成的。克勒因而声称:

> 如果一个人说,在这点上,电荷密度是这么多,“以及”在那点上,电荷密度是那么多,则整个电荷所采取的自然结构并没有得到描述;但人们或许想这样来尝试一个描述:电荷密度在这点上是这么多,在那点上是那么多,一切密度都是相互依赖的,这样在一个点上某

① 更一般地说,在椭球体上的电荷密度正比于在一点上的曲率的四次方根。

一密度的产生决定了在一切其他点上的密度。[①]

还可以引证与这个例子具有同样意义的许多其他例子：物理的，化学的，生物的，心理的。因而，在组成部分相互间处于因果依赖关系的意义上，无疑在许多系统中，构成部分和过程是“内在地”相联系的。实际上，许多作者已经发现要截然分明地区分这种类型的系统和据说不属于这种类型的系统是很困难的；他们论证说，一切系统不管是什么系统，都应该表征为在某种程度上是“功能的”或“有机的”整体。[②] 事实上，主张在功能整体和非功能（或“加和的”）整体之间存在着根本差异的许多人，都暗地里承认这种区分是基于某些**实际决定**，即决定出于某些目的可以忽略什么因果影响。因此，克勒引用了由三块石块构成的一个系统作为一个“加和”整体的例子，这三块石头一个在非洲，一个在澳大利亚，一个在美国。这个系统被认为是它的部分的加和集聚体，因为把一块石头拿出并不影响其他的石头或它们之间的相互关系。[③] 然而，如果接受当前的物理学理论，这种移置并非对其他的石块没有**某种**影响，即使这些影响是如此之小，以致不能为目前的

---

① 克勒，《处于静止状态的自然格式塔》，不伦瑞克，1924年，第58页，也见第166页。还可以引用这种“功能”整体的许多其他物理例子。肥皂膜所取的表面提供了一个直观的明显例子。用以分析这个表面的一般原理是：受施加于这个面上的边界条件的限制，它的面积最小。因此，不考虑重力，受一个平面线圈限制的一个肥皂膜就是一个平面；一个肥皂泡将呈现一个球形，因为对于既定体积的表面来说，球体的表面积最小。现在考虑由一个圆周所限定的肥皂泡的一部分。如果这一部分可以从这个球形表面上移走，那么，它就不再保留它的凸面状，而是将变成一个平面。这样，这个肥皂膜的一部分所呈现的形状取决于含有它的那个整体。对肥皂膜实验的说明，参见理查德·库兰特和赫伯特·罗宾斯：《数学是什么？》，纽约，1941年，第386页以下。

② 这就是怀特海的有机论哲学的论点，参见他的《过程与实在》（纽约，1929年），尤其是第二部分，第3、4章。

③ 克勒，《处于静止状态的自然格式塔》，不伦瑞克，1924年，第47页。

实验技术检测到，因此实际上可以忽略。克勒又把一个导体上的总电荷看作独立部分的一个加和整体，虽然还不完全清楚当把一些部分的电荷从导体上取走时，电荷的电子构成会不会发生变化。因此，虽然不能否定会出现这样的系统，它们具有由其相互依赖的部分构成的独特结构，但还没有提出一般的标准，借此能够以一种绝对的方式鉴定与那些“纯粹加和”系统不同的“真正的功能”系统。①

---

① 功能整体和非功能整体之间的区分不是一个截然分明的区分，这个意见是从更形式地阐述一个“有机”整体的特征的试图中产生的。设S是某个系统，K是S可以显示的性质$P_1, P_2, \cdots\cdots, P_k$的一个类。为了解释的简单起见，假设这些性质在某种意义上是可测量的，这样这些性质的特定形式可以与数值变量的值联系起来；为了简单起见，又假设关于这些性质的陈述具有这一形式：“在时间t，S的性质P_i有值x”，或更紧凑地，“$P_i(S,t)=x$”。我们现在规定K中的一个性质，比如说P_1，“依赖于”K中剩余的性质——如果这些剩余性质在不同的时间有同样的值，则P_1在那些时间也有同样的值；这就是说，当对于K中的每个性质P_i，如果$P_i(S,t_1)=P_i(S,t_2)$，那么，$P_1(S,t_1)=P_1(S,t_2)$。此外我们将看到，如果在K中的每个性质都依赖于K中剩余的性质，那么，K这个性质类是“相互依赖的”，这就是说，当对K中的每个P_i和P_j，如果$P_i(S,t_1)=P_i(S,t_2)$，那么，$P_j(S,t_1)=P_j(S,t_2)$。另一方面，我们可以定义K这个类是一个“独立的”类，如果在K中没有任何性质依赖于K的剩余性质。为了确定我们的设想，让S是一种气体，V是其体积，P是其压强，T是其绝对温度。那么，按照玻意耳—查尔斯定律，V依赖于P和T；这个性质类是一个相互依赖的性质类。又，如果S是具有一定形状的绝缘导体，R是在任意点的曲率，S是在任何区域的电荷密度，P是在任何区域的压强，那么，P不依赖于R和S，性质P、R和S并不形成一个相互依赖的类，虽然它们也不形成一个有所依赖的类。对于这个分析，以及在其说明中涉及到的进一步的细节，参见库尔特·格雷林的文章“一个关于依赖性的逻辑理论”，以及库尔特·格雷林和保罗·奥本海姆的文章“‘完形’和‘功能整体’的逻辑分析”。作为提交给1939年在马萨诸塞州，坎布里奇举行的第五届国际科学统一大会的文章，这两篇文章复印于《统一科学杂志》第9卷。这一卷杂志由于第二次世界大战的爆发，终究没有出版。

然而，设一个性质类K是一个相互依赖类，如果我们定义一个系统S相对于K是一个“功能整体”；设K是一个独立类，如果我们定义S相对于K是一个“加和整体”，那么，就应该指出两点。首先，说一个性质是不是依赖于某些其他的性质，这部分受到我们用来确立这个性质之值的那个实验的精确度的影响。这一点在正文中就已经提出。其次，虽然S在规定的意义上可能不是一个功能整体，但它也不一定就是一个加和整体；用于K中的某些性质可能依赖于剩余的性质，虽然不是一切性质都这样。因此，一个系统可以具有不同“程度”的相互依赖性。

此外，在这点上区分两个问题具有本质的意义，一个问题是：是否能以一种逐渐的方式，通过对部分进行逐渐的排列，来公开地构造一个特定的系统；另一个问题是：是否能够按照一个关于其构成要素及其相互关系的理论来分析这个系统。无疑存在着一些整体，对它们来说，对第一个问题的回答是肯定的，比如说，一只钟，一块盐的晶体，或一个水分子；也有一些整体，对它们来说这个回答是否定的，比方说太阳系，碳原子，或生物体。但系统之间的这种差异并不对应于想在功能整体和加和整体之间作出的区分；我们不能从其部分之中有效地构造出一个系统——在某些情形中这只是目前的技术限制的结果——这不能被看作是决定性地否认上述第二个问题的证据。

但是让我们转到第二个问题，因为它似乎提出了目前这个情形中的根本问题。这个根本问题就是：对"有机统一体"的分析是否妨碍我们从所谓的"加和观"来分析它们的可能性？就此而论，主要困难是确定一个"加和"分析在什么方面不同于一个非加和分析。这个对比似乎取决于一个主张，即，一个功能整体的部分并不是独立于其他部分进行活动的，因此，不能认为在这些部分不是一个功能整体的成员时对之适用的定律，对于它们实际上是这个整体的成员时也适用。一个"加和"分析似乎是这样一个分析，它是按照关于它的构成要素的假定来说明一个系统的性质的，这里对这些假定的表述并不专门诉诸这些构成要素在一个系统中的特征。另一方面，一个"非加和"分析似乎是这样一个分析，它是按照它的某些部分作为系统中的要素起作用时的关系来表述该系统的特征的。

然而，如果这实际上就是这些据说不同的分析方式之间的区分，那么，这个差异并不是一个具有根本重要性的差异。我们已经指出，要截然分明地区分那些被说成是"有机统一体"的系

统和那些不是这样的系统，看来是不可能的。因此，由于甚至加和整体的部分也处于因果相互依赖关系之中，因此当对这些整体的加和分析试图把某个基本理论应用于这些整体时，这个分析必须包含关于这些整体中的部分的实际组织的专门假定。一定有许多物理系统，如太阳系、碳原子或氟化钙晶体，它们尽管有复杂的组织方式，但它们本身适宜于“加和”分析；但同样确定的是，目前按照关于其构成部分的理论对这种系统的说明，不可避免地要补充一些关于特殊情形的陈述，在这些情形下，构成要素是作为系统中的元素而出现的。不管怎样，单是这一事实——一个系统的部分处于因果相互依赖关系之中——并不排除对系统进行加和分析的可能性。

经典力学的粒子物理学和对电动力学的场论探讨之间的对比有时被引用来支持加和分析和非加和分析之间的区分，因此暂时停留在这种对比上将是有教益的。按照牛顿力学，一个粒子由于其他物体的作用而引起的加速度是这些物体各自产生的加速度（如果它们是单独地作用的话）的矢量和；构成这一原理之基础的假定是：由一个这样的物体所施加的力是独立于由任何其他物体所施加的力的。因此，可以加和性地分析一个力学系统如太阳系。为了说明作为一个整体的太阳系的行为特征，我们只需知道太阳系中的各个物体孤离地对其他物体施加的力（作为距离的函数）。

但在电动力学中，情况就不同了。因为一个带电体对另一个带电体的作用不仅取决于它们的距离，也依赖于它们的相对运动。此外，在运动上的一个变化的影响不是立即就传播开来，而是以一定的速度传播开来的。因此，由于其他带电体的出现，作用在一个带电体上的力不是由前者的位置和速度决定的，而是由与后者邻近的电磁“场”的条件决定的。这样，由于不能把

这个电磁场看作是"部分"电磁场(每个都是由一个不同的带电粒子引起的)之和,因此通常说一个电磁系统不能有一个加和分析。有人声称,"这个电磁场只能被恰当地处理为一个单元,不能处理为个别的点电荷分布的总和"。[①]

必须对这个对比作出两个简要评注。首先,"场"的概念(当在电磁理论中被使用时)无疑是表示对现象进行分析的一个数学技术,这个技术在许多重要的方面不同于粒子力学中所采用的数学。后者是以离散状态变量进行运算的,因而一个系统的状态是由确定数目的坐标指定的;场的研究方法要求它的每个状态变量之值应由一个数学上连续的空间的每个点来指定。在微分方程的类型、进入这些方程的变量以及在其间进行数学积分的极限方面,也存在进一步的相应差异。

其次,虽然与一组电荷相联系的电磁场的确不是与每个粒子孤离地相联系的部分电场之和,但同样为真的是,这个电磁场是由这组电荷、它们的速度以及它们得以产生的初始条件和边界条件唯一地决定的(亦即,每个空间点的每个状态变量是由这些因素唯一地确定的)。其实,按照场论中所采用的一个技术,电磁场不过是表述带电粒子对其他带电粒子之作用的一个间接手段而已。[②] 因此,虽然可以方便地把一个电磁场处理为一个"单元",但这种方便性并不表明不能按照关于它的构成要素的假定来分析这个电磁场。虽然在任何惯常的意义上,这个场不

---

① 彼得·G·伯格曼:《相对论导论》,纽约,1942年,第223页。在目前的情景中,问是否要把任何"物理实在性"赋予电磁场,或者,如一些作者主张的那样,电磁场是不是只是"数学虚构",这样问问题是毫无意义的。指出如下这一点就足够了,即,不管其"终极地位"是什么,在物理学中,场的概念表示一种能与粒子研究方法区分开来的分析方式。

② 这里提到的这个技术就是逐渐减少势位的方法。参见马克斯·梅森和沃伦·韦弗在《电磁场》(芝加哥,1929年)一书导论中的评论。

是部分场之和，但在先前提出的这个词的专门意义上，一个电磁系统是一个"总和"，亦即，存在着一个关于这些系统的构成要素的理论，以致于这些系统的有关定律可以从这个理论推导出来。事实上，如果我们最终看一下由绝缘导体上的电磁所例示的这个功能整体，那么表述电荷密度分布的定律就可以从关于带电粒子行为的假定中推导出来。[1]

对有机统一体的这一讨论的结果是：能否从加和观点来分析有机统一体的问题并不具有一个一般的回答。一些功能整体一定能够以那种方式来加以分析，而对其他的功能整体（如生命有机体），则还没有取得那种类型的完全令人满意的分析。因此，单是一个系统是由动态相互联系的部分构成的结构这一事实，本身不足以证明这样一个系统的定律不能还原到某个这样的理论，这个理论最先是为该系统的某些假设的构成要素发展起来的。这个结论可能是贫乏的；但它的确表明不能先验地、一劳永逸地解决时下讨论的这一问题，正如讨论这一问题的大量文献所假设的那样。

---

① 例如，参见O·D·凯洛格：《势论基础》，柏林，1929年，第7章。

第十二章　机械论说明和有机论生物学

现代自然科学的分析方法被普遍认为对于研究一切非生命现象,甚至对于那些像宇宙射线和天气一样还不能完全理解的现象卓有成效。此外,在统一物理科学的各专门分支——通过把它们的几个说明体系还原到一个范围广泛的理论——上的尝试也普遍得到鼓励和欢迎。这些方法在过去的四百年间也已被富有成效地用于研究生命现象;生命现象的许多特点已成功地以物化术语得到说明。杰出的生物学家和物理学家都因此推断说物理科学的方法完全适合于生物学题材,许多科学家自信整个生物学最终会变成物理学和化学的一个篇章。

尽管物理化学说明在生物研究中取得不容置否的成功,但能力很强的生物学家继续认为这种说明并不完全适合于生物学的研究题材。绝大多数生物学家都一致认为生命过程像非生命过程一样只能在确定的物理化学条件下出现,对于物理化学定律,它们也不形成例外。不过其中一些生物学家还认为,理解生命现象所需要的分析方法根本上不同于包含在物理科学中的方法。反对把生物学系统地吸收进入物理学和化学,这有时立足于如下实际理由,即这种吸收不符合生物学研究的正确策略。但这种反对往往也得到理论论据的支持,这些论据目的是要表明生物学对物理化学的还原是内在不可能的。生物学长期以来一直是这样一个领域,在这个领域中,说明逻辑上的一些关键问题历来是引起热烈争论的话题。不管怎样,考察一下生物学家

通常提出来支持如下主张的一些理由不无教益，这个主张是：生物学中的说明概念的逻辑标志着这门科学的特点，生物学本来就是一门自主的学科。

这一主张的主要支持究竟是什么呢？

1. 让我们首先处理两个分量不大的支持。虽然要以精确的术语表达生命和非生命之间的一般差异是很困难的，但谁也不会认真怀疑存在着这种差异这个明显事实。因此，各种“生命科学”关心那些与物理学和化学所处理的问题明显不同的特殊问题。尤其是，生物学研究生物体的解剖学和生理学，分析它们繁殖、发展和衰亡的方式和条件。它把生命有机体划分为类或种；它探究它们的地理分布，它们的遗传路线，以及它们进化的条件和方式。生物学也把有机体分析为由相互关联的部分组成的结构，试图发现各部分对作为一个整体的机体的维持有些什么贡献。另一方面，物理学和化学并不专门关心这些问题，虽然生物学的研究题材有时也属于这些学科的领域。因而从某一高度掉下来的一块石头和一只猫表现出的行为在力学规律中得到了共同的表述；猫以及石头因此都属于物理学的研究对象。不过，猫具有结构特点，有着物理学和化学在其目前的形式上无论如何也不会感兴趣的过程。更正式地说，生物学采用了那些指称生命现象的可鉴定特征的表达式（如“性别”、“细胞分裂”、“遗传”、“适应”），断言包含着这些表达式的规律（如“在人当中血友病是一个性结合遗传特性”），这种规律并不出现于物理科学中，也不是目前可以在这些学科中定义或推出的。因此，当生物学的研究题材和物理科学的研究题材并非根本不同时，虽然生物学利用了借自于物理科学的区分和定律，但这两门科学目前不相吻合。

生物学中的观察技术和实验技术一般来说不同于物理科学中的观察和实验技术，这一点并非不够明显。的确，在这两组学科中，都使用一些观察、测量和计算的工具和技术（如透镜、天平和代数）。但生物学也需要在物理学中派不上用场的专门技能（比如在机体组织的解剖中涉及到的技能）；而物理学也采用在现今的生物学中不相干的技术（如为了处理高压电流而需要的技术）。一位在生物学研究的专门技术上毫无训练的物理科学家要成功地做好一个生物实验，并不比一位在演奏木管乐器上没有受过指教的钢琴家要流畅地演奏双簧管更有可能。

在物理科学和生物科学的专门问题和技术之间存在的差异，有时被引用来作为支持生物学固有的自主性的证据，作为支持如下主张的证据：物理科学的分析方法不完全适合于生物学研究的目的。可是，虽然这些差异货真价实，但它们一定不能确证这些结论。比如，力学、电磁理论、化学显然是物理科学的不同分支，每个分支都在探求不同的专门问题，采用不同的技术。但正如我们已看到的那样，这并不是认为每个物理科学分支都是一个自主学科的充分理由。如果说生物学的绝对自主性有一个可靠的基础的话，那么，必须在其他地方去寻求这种基础，而不是在迄今指出的生物学和物理科学之间的差异上去寻找这种基础。

2．那么，支持那一论断的较有分量的理由是什么呢？主要理由看来是这样的。生命过程有明显的目的性特征；有机体能够自我调节、自我维护、自我繁殖，其活动似乎旨在于获得那些属于未来的目标。通常承认人们能够以一种方式研究和系统陈述植物和动物的形态学特征，这种方式可与物理科学分析非生命事物之结构特征的方式相比拟。因此，一般认为物理学中分析和说明的范畴适合于研究人的肾的解剖，或适合于研究它的发展顺序。

但形态学研究只是生物学家的任务的一部分，因为生物学家的任务也包括研究结构在支撑作为整体的有机体的活动中的功能。因此，生物学研究肾及其微观结构在维持血液的化学成分中，因而在维持整个身体或者是它的个别部分在其特有的活动中所扮演的角色。正是生物体的这种明显的"目标制向"行为，使人们认为在生物学中需要一个与众不同的说明范畴。

此外，生物体是有机整体，而不是互不相干的部分的"加和系统"，如果认为这些部分有如此之多的可以孤立的机制，那么它们的行为也不能得到合适理解。必须把一个有机体的各个部分看作是一个统一体的内在关联的成员。它们之间相互影响，它们的行为调节着作为整体的有机体的活动，但同时也被后者调节着。一些生物学家已极力论证，只有通过假设一种特殊的活力论的力量，才能说明生命有机体的协调和适应行为；其他生物学家则相信，只有按照有机体的各个内在关联的部分的等级式的组织结构，才能说明其行为。但不论是哪种情形，都往往声称生物学不能没有有机统一的概念；因此生物学必须使用那种无疑应该自成一体的分析和表述方法。

这样，普遍认为有两个主要的特点把生物学和物理科学以一种本质的方式区分开来。一个特点是，在生物学研究中，目的论说明占据着统治地位。另一个特点是，生物学必须使用只适合于研究这种系统的概念工具，这种系统的总体行为不是互不相干的部分活动的结果。现在我们要略为详细地考察这两个主张。

一、目的论说明的结构

几乎任何生物学论文或专著都得出这一决定性的证据：生

物学家关心生命过程和器官在支持生物的特有活动中的功能。因此,如果把"目的论分析"理解为对这种功能、对那些旨在于获得某些目标产物的过程的研究,那么目的论无疑在生物学中无所不在。就此而论,在生物学和物理科学之间看来一定有显著差异。如果有人声称(比如说),为了使原子之间的化合成为可能,原子必须有电子壳层,站在一位现代物理学家的立场上来看,这一定是一件怪事。在古代亚里士多德式的科学中,对生物及其活动(尤其是人的技艺)的研究所提出的说明范畴,被弄成一切研究的典范。由于都是按照目的论术语来分析生命现象和非生命现象(这种分析把终极原因概念当作中心概念),希腊科学并不假设在生物学和其他自然科学之间存在着根本分歧。另一方面,现代科学则把终极原因看作是物理现象和化学现象的研究中不结果实的处女;由于目的论说明与如下教条的联系,即活动的目标或目的是活动在其自我实现中的动力因,因此现代科学倾向于把这种说明看成一种蒙昧主义。但是,目的论说明在生物科学中出现,在物理科学中则明显缺乏,这保证了生物学的绝对自主性吗?我们将力图表明并非如此。

1. 撇开它们与终极原因教条的联系不论,目的论说明在现代自然科学中有时受到怀疑,因为据认为它们援引目的或目标作为自然过程中的因果要素。在人类活动中,目的和精心制定的目标公认起着重大作用,但是,要在物理化学现象和大多数生物现象的研究中假设目的和目标,则怎么说也没有基础。可是,如已指出的那样,算作目的论说明的许多说明没有设定任何目的或目标;因为往往只是在如下意义上才把说明说成是"目的论的",这就是,它们指定了事物或过程拥有的功能。当代绝大多数生物学家一定没有将目的归之于其功能受到考察的生物体的

有机部分；他们大概也否认在生物体的组织中发现的手段—目的关系是代表一个有目的的力量的某个精心制定的计划的产物，不管这种力量是神还是其他超自然力。的确，有一些生物学家把精神状态设定为一切机体行为的伴随物乃至指导力量。但这些生物学家为数甚少；他们通常是以特殊的考虑来支持其观点的，这些特殊考虑可能与绝大多数生物学家毫不犹豫地接受的功能依赖性事实或目的论依赖性事实有所不同。由于“目的论”这个词模棱两可，如果把它从生物学词汇中排除掉，那么无疑就会避免混乱和误解。但生物学家的确在使用它，比如说当他们说明脊椎动物的消化道的功能是准备吸收进入血液的摄入原料时，他们就会说他们正给出一个目的论说明。关键之处在于，当生物学家确实采用目的论语言时，他们并不必然是在干感情误置[1]的傻事，或者也不必然陷入拟人论。

我们因此假设：在生物学中，目的论陈述（或功能陈述）在研究材料中通常既未断言又未预设明确的或潜在的目的或目标。实际上，看来万无一失的是假设，生物学家一般来说都否认他们正在设定任何有意识的或隐含的预定目的（end – in – view），甚至当他们在其功能分析中采用诸如“目的”此类的词语时——正如当说猪肾的“目的”（亦即功能）是从血液中排除各种废物时。另一方面，我们将把诸如“……的功能”、“……的目的”、“为了……起见”、“为了……”此类的典型谈吐，更一般地说，把指代一个手段—目的联系的表达式的出现，采纳为生物学中目的论陈述的标志，作为把目的论陈述与非目的论陈述区分开来的特点。

尽管目的论（或功能）说明具有这种表面上的独特性，我们首先要论证，采取非目的论说明的形式，可以对目的论说明重新

---

① 指对自然界现象或无生命事物的拟人化。——译者

表述，而不丧失所论断的内容，这样，目的论说明和非目的论说明在一个重要的意义上是等价的。为了达到这一目的，让我们考虑生物学中一个典型的目的论陈述，比如说“植物中叶绿素的功能是使植物能够实行光合作用(亦即在阳光下从二氧化碳和水中形成淀粉)”。这个陈述说明在植物(在一类系统的每个成员 S 中，这里，每个系统具有其组成部分和过程的某一组织 C)中叶绿素(某一物质 A)的出现。它给出这一说明是通过声称：如果向一植物提供二氧化碳、水和阳光(当把 S 放置在某一“内”环境和“外”环境 E 中时)，则只有当该植物包含叶绿素时，它才生成淀粉(某一过程 P 发生，结果产生一定产物或结果)。这个陈述随身还含有一个不言而喻的附加假定，即没有淀粉便不能继续它的特殊活动，如生长和繁殖(它不能把自己维持在某一状态 G 中)；但目前我们将忽略这个进一步的主张。

因此，这个目的论陈述是一个嵌套式论证，一旦揭开它的内容，它便近似地变成这个样子：当提供水、二氧化碳和阳光时，植物产生淀粉；若植物没有叶绿素，即使它们有水、二氧化碳和阳光，它们也不会产生淀粉；因此，植物包含叶绿素。更一般地说，形如“A 在一个具有组织 C 的系统中的功能，是使 S 在环境 E 中能够从事过程 P”的一个目的论陈述，可以更明确地重新表述为：具有组织 C 且处于环境 E 中的每个系统 S 从事过程 P；若具有组织 C 且处于环境 E 中的 S 不具有 A，那么，S 不从事 P；因此，具有组织 C 的 S 必定具有 A。

在目前的情景中，要寻问这个论证的前提是否得到足够证据的合适支持，显然是恰当的。可是，由于在对目的论说明的讨论中有时提出了这个问题，即，叶绿素对植物是否确实必要，不需要叶绿素的其他可能过程就不能使植物制造淀粉(或维持植物所必需的其他物质)吗？因此有必要附带地讨论一下这一问

题，因为倘若叶绿素的存在对于淀粉的产生实际上不需要（或如果植物没有光合作用机制也能维持自己），那么，已有人极力表明，以上论证中的第二个前提是站不住脚的。因而必须修改这一前提；在经过修正的形式上，它断言，在对于产生淀粉来说是充分的（但不是必要的）一组条件中，叶绿素只是其中的一个要素。可是在那种情形中，具有这个修正前提的新论证是无效的，这样，对植物中叶绿素的存在提出的目的论说明，显然就不能令人满意。

这个异议有点受人欢迎，植物勿需制造淀粉即能维持自身，或者，生物体中的过程勿需叶绿素也能产生淀粉，这在逻辑上一定是可能的。实际上有一些植物（真菌）勿需叶绿素也能生长；一般来说，给猫剥皮的方式不止一种。另一方面，以上对叶绿素在植物中出现的目的论说明，大概涉及到具有一定的组织形式和行为方式的生物体——简单地说，涉及到所谓的“绿色植物”。因此，虽然没有叶绿素生成的过程也能维持自身的生物体（以及动物），不论在理论上还是在实际上都是可能的，但看来没有什么证据表明，鉴于绿色植物由于其实际的组织方式而具有的有限能力，这些有机体没有叶绿素也能生活。

从这些考虑中就产生了两个重要的互补论点。首先，在生物学中（或者在追求目的论分析的其他科学中），目的论分析不是对纯粹的逻辑可能性的探究，而是处理具体给定的生命系统中的一定或分的实际功能。其次，鉴于没能认识到可能有获得某一目标产物的可供取舍的机制，鉴于会不明智地（以及，也许错误地）假设在一类特定的系统中已知是必不可少的过程在更广泛的一类系统中也是必不可少的，所以，一个目的论说明必须把目标产物的特征和显示它们的系统的规定性特征精确地连接起来——而正是相对于这些规定性特征，指定过程才被认为是

必不可少的。

但无论如何，以上对叶绿素的目的论分析，在其扩展的形式上，不过是一个说明的实例，而这一说明遵循演绎模型，并且不包含目的论陈述所特有的术语。因此，关于叶绿素的这个原来的、未加扩展的陈述所断言的东西，也不过就是如下陈述所断言的东西，即"只有当植物包含叶绿素时它们才履行光合作用"，或者，"在植物中，光合作用产生的一个必要条件是出现叶绿素。"后面这些陈述没有明确地把一个功能赋予叶绿素，在这个意义上它们不是目的论陈述。如果把这个例子看作一个典范，那么看来当把一个功能赋予有机体的一个构成要素时，目的论陈述的内容完全可以用另一个陈述来传达，后者显然不是目的论陈述，它只是断言有机体的某一属性或活动产生的一个充分条件（或可能是一个充要条件）。按照这个分析，在生物学中，一个目的论说明指明了一个特定的生物系统的一个组成部分或过程对该系统的后果；另一方面，与这一说明等价的非目的论表述则阐明一些条件（有时，但不总是，以物理化学的术语），正是在这些条件下，该系统维持它特有的组织和活动。一个目的论说明和与之等价的非目的论表述之间的差异，可以与这两种说法之间的差异相比拟，一个说法是：Y是X的一个结果；另一个说法是：X是Y的一个原因或条件。简言之，这一差异是选择性注意的差异，而不是所断言的内容的差异。

另一个考虑强化了这一点。如果一个目的论说明具有一个断言内容，这一内容不同于可以设想的每一个非目的论陈述的内容，那么，就有可能引证为了确立前者而采用的程序和证据，它们不同于为了保证后者而需要的程序和证据。但事实上似乎没有这样的程序和证据。比如考虑这一目的论陈述："在人的血液中，白血球的功能是避免身体受到异质微生物的侵入。"现在

不管有什么证据保证这一陈述，对于“除非人的血液包含足量的白血球，否则人体的某些正常活动就会受到损害”这一非目的论陈述来说，那一证据也证实了它，反之亦然。可是，如果这样，就有一个有力的推断：这两个陈述在事实内容上并无不同。更一般地说，看来情况是这样的：如果支持任何既定的目的论陈述的可能证据等同于支持某一非目的论陈述的可能证据，那么，不可避免地就有了这一结论，即无法相对于它们的断言内容来区分它们，尽管可以用其他方式区别它们。

2. 不过，把目的论说明与非目的论说明等同起来，这必定面临着一个根本异议。许多生物学家可能会承认一个目的论陈述蕴含着一个非目的论陈述；但无论如何也有一些生物学家准备认为，非目的论陈述一般并不蕴含着目的论陈述，因此二者之间所谓的等价性事实上失效。

实际并没有这样的等价性，下面提出一个有力的主张，倘若存在着这样一个等价性，则不仅可以用一个非目的论陈述来取代一个目的论陈述，而且反过来也可以用一个目的论陈述来取代一个非目的论陈述。因此，在物理科学中，通常的定律陈述和理论陈述都可以不改变断言内容而翻译成为目的论表述。可实际上现代物理学并没有认可这样的重新表述。绝大多数物理学家无疑都会抵制把目的论陈述引入其学科中，因为他们认为那是恢复古希腊和中世纪的科学观的一种令人误置的试图。例如，“在恒温下气体的体积反比于它的压力而变化”这一陈述是一个典型的物理定律，它完全摆脱了目的论含义。若它等价于一个目的论陈述，则其等价物（按照以上采纳的规范例子来构造）大概是：“在处于恒温的气体中，一个变化的压力的功能是产生该气体的呈反比地变化的体积，”或可能是：“在一个可变压力下处于恒温的每一气体，为了使压力与体积之积恒定，而改变其

体积。"绝大多数物理学家无疑会认为这些表述荒谬之极，顶多认为它们使人误入歧途。因此，若没有任何目的论陈述能正确地翻译一个物理定律，则这一论点——对每一个目的论陈述来说，能够构造一个逻辑上与之等价的非目的论陈述——看来就很难站住脚了。因此在目的论陈述和非目的论陈述之间，必定存在着某种重大差异，这样这个异议便推断说，讨论迄今为止还没有把问题弄明白。

不好消除刚才阐述的这个困难。为了适当地评价它，我们必须考虑目的论分析当前着手研究的这类题材，在这类题材中，目的论说明没有被作为一个一般原理的问题明确地拒斥掉。

a. 在其领域中，物理科学家对待目的论表述的态度无疑与这个异议中所说的一样。不过，在目前争论的这一点上，这个事实不是决断性的。依次有两个译注倾向于削弱它的批判力量。

首先，认为物理科学绝不采用至少有目的论陈述出现的表述，这并不完全确实。首先，众所周知，一些物理定律是以所谓"等周"形式或"变分"形式表示的，而不是以更为熟悉的数字方程或微分方程的形式表示的。当以这种方式来表述定律和理论时，它们极其类似于目的论表述，事实上已经常假设它们表示事件或过程的目的论秩序。例如，光学的一个基本定律阐明：由一个平面反射的一条光线的入射角等于其反射角。但也可以用如下陈述来表示这一定律：一条光线以这样的方式传播，以至于其实际路径(从光源到反射面再到终点)是一切可能路径中的最小者。更一般地说，经典物理理论以及当代物理理论的相当一部分可以以"极值"原理的形式来表述。这些原理断言：一个系统的实际发展是以这样一种方式开始的，以至于使表达该系统的

可能构形的某个量最小或最大。[①]

可以给予力学原理这样一种极值表述，这一发现曾一度被认为是整个自然是按照神的旨意来运转的证据。这一观点由于莫佩图斯而著名，莫佩图斯也许是首次以变分形式阐述力学的18世纪的一位思想家；这一观点在18世纪和19世纪都得到了广泛接受。对极值原理的这种神学解释现在几乎被普遍认为毫无理由；今天的物理学家几乎无一例外地不接受这个早期的主张：极值原理推出了一个使物理过程具有生命的计划或目的的假定。不过，极值原理在物理科学中的应用的确表明：可以这样来表述物理系统的动力学结构，以至于使其构成要素和次级过程对作为一个整体来看待的系统的某些整体性质的影响变成焦点。如果物理科学家不喜欢在自己的学科中使用目的论语言，那么，不是因为他们认为在这个意义上的目的论概念与其任务无关。他们的不喜欢在某种程度上是来自于这一忧虑：通过使用定量表述可以使目的论语言变得严格精确，除了在这种情况下使用它之外，在其他的情况下使用它会被误解为含有目的作用的意味。

其次，与生物学不同，物理科学一般不关心相对特殊的那一类有组织的物体，它们不分析有利于维持某个经过选择的物理系统而不是维持其他系统的条件。当生物学家把一个功能赋予肾时，他不言而喻地假设正是肾对所讨论的动物的维持作出贡献；由于与他的基本兴趣无关，他忽视肾对维持任何其他系统的

---

① 参阅A·德阿比罗：《机械论在现代物理学中的衰落》，纽约，1938年，第18章；阿道夫·尼塞尔：《最小作用原理》，莱比锡，1928年；沃尔夫冈·尤格劳和斯坦利·曼德尔斯塔姆：《动力学和量子理论中的变分原理》，伦敦，1955年。

事实上可以表明，当某些极一般的条件被满足时，一切数量定律都可以给予一种“极值”表述。

贡献，尽管这些系统同样也有肾。另一方面，物理学家一般来说力图讨论太阳辐射对各种事物的影响；他不愿把一个“功能”赋予太阳辐射，因为再没有任何其他系统比太阳系更令他感兴趣了。对于把气体的体积和压力联系起来的定律，情况也类似：倘若一位物理学家满怀狐疑地看待以功能语言或目的论语言对这个定律的表述，（除了已经讨论或将要讨论的理由外）那是因为他认为，给予气体中压力变化的一个结果而不是另一个结果以特殊的重要性并不是他的事。

b. 可是，有人会以迄今进行的讨论完全忽视了一个根本点即有机系统的“目标制向”性为由，公正地控告这一讨论的天真无知（若不是无关的话）。正因为生物程度不同地显示了适应结构、调节结构以及类似的活动，而物理科学研究的系统并不这样，因此有人认为，目的论说明尤其适合于生物系统，但不适合于物理系统。这样，由于太阳系（或者太阳作为其中一个部分的任何其他系统）在面对环境的变化时，不倾向于维持某个统一的活动模式，由于这个系统的组成要素不经历相互调整，以便相对独立于环境地维护这个模式，因而把任何功能赋予太阳或太阳辐射便毫无道理。物理学可以以极值原理的形式表述它的一些理论，这个事实也没有缩小生物系统和纯物理系统之间的差异。的确，一个物理系统以这样一种方式发展，以至于使某个量（这个量表达了作为整体的系统的一个性质）最小或最大。但是，在面临其环境的相当大的变化时，物理系统没有被组织起来，以便维护这种量的某个特定的极值，或者，在广泛变化的条件下，沿着实现这种量的某个特定值的方向发展。

另一方面，生物系统的确具有这种组织，一个例子（无数的其他例子都与之相称）便足以阐明这点。人体通过复杂的生理协调过程把它的许多特征维持在一个相对稳定的状态。因此，

躯体若没有受到致命的损伤，则其内部温度是相对恒定的。实际上，人的正常体温一天只能在大约97.3℉和99.1℉之间变化，要使身体不受永久伤害，体温不能低于75℉或高于110℉。但外环境的温度能够发生比这宽得多的涨落；从基本的物理学考虑便可明白，倘若躯体不能补偿环境的变化，则其特有的活动便会受到严重损害或被剥夺。但躯体实际上恰好能进行这种补偿；因此相对独立于环境温度，能继续它的正常活动——当然，必须假设环境温度不落在某一数量间隔之外。躯体通过一些机制获得体内平衡，这些机制实行一系列谨防内部温度转变的措施。甲状腺便是这几个机制中的一个，它控制躯体的新陈代谢率（这是各个细胞和器官中氧化产生的热的度量）；由皮肤辐射或处理的热，依赖于通过毛细血管的血流量，这是一个受毛细血管的收缩或扩张调节的量；出汗和呼吸的速率决定蒸发的水份含量，从而影响体内温度；血液中的肾上腺素也刺激内部氧化，它的分泌受外界温度的影响；在冷颤中牵涉到的肌肉自动收缩是内热的一个额外源泉。因此在躯体中有一些生理机制，它们自动地维持体内温度，而不管在躯体的内、外环境中的抗动条件如何。①

生物组织的这些事实提出了三个独立的、但通常被混淆起来的问题。(1)以一般的但相当精确的术语表述“目标制向”系统的独特结构——但是是以这样一种方式，以至于分析相对于一些假定（这些假定关系到目的的存在或作为系统自我实现之工具的目标的动态作用）来说是中立的——是可能的吗？(2)目的论说明通常只是联系着“目标制向”系统才被采用，这个事实

① 参阅沃尔特·B·坎农：《躯体的智慧》，纽约，1932年，第12章（此书有中译本——译者）。

(如果它是一个事实的话)构成了制定这一问题——一个目的论说明是否等价于某个非目的论说明——的相关证据吗?(3)以纯粹的物理化学术语;也就是说,完全按照目前的物理学和化学的定律和理论,来说明生物系统的操作是可能的吗?我们暂时不关心第三个问题,虽然我们在后面要回到这个问题;但其他两个问题需要立即引起注意。

i. 自古以来就有许多建造模拟生命有机体的某一方面行为的机器和物理系统的试图。这些试图中没有一个获得完全成功,因为迄今为止还不可能在车间用无机材料制造出在行为上充分类似活躯体的任何设施。不过,创造出相对于它们的某些特点能够自维持和自调节,因此至少在这样一个重要特征上类似生命有机体的物理系统,这已经是可能的了。在伺服机制(控制发动机、恒温器、自动飞机导航仪、电子计算机、雷达控制的反飞机射击设施等等的机制)不再引人吃惊,在控制论和"负反馈"的语言已变得广泛流行的时代,把"目标制向"行为赋予纯物理系统一定算不上什么荒谬之事。是否也能把"目的"赋予这种物理系统——正如一些控制论的解释者主张的那样[①]——也许值得怀疑,虽然这个问题很大程度上是一个语义学问题;这个进一步的问题无论如何与本文的讨论无关。此外,值得注意的是,建造自我调节的物理系统的可能性,本身并没有证明能够完全按照物理化学术语来说明生命有机体的活动。不过,已经建造

① 参阅 A·罗森布吕特,N·维纳,J·别格罗:"行为、目的和目的论",《科学哲学》,第10卷(1943年);N·维纳:《控制论》,纽约,1948年(有中译本——译者);A·M·图灵:"计算机与智能",《心灵》,第59卷(1950年)(有中译本——译者),载《控制论哲学问题译文集》;理查德·泰勒:"对机械论的目的性概念的评注",《科学哲学》,第17卷(1950年),同一卷收有罗森布吕特和维纳对泰勒的反驳的答复。

出这样的系统，这个事实的确表明没有截然分明的分界线把目的论组织(这往往被看作生命的特征)和许多物理系统的目标制向组织区分开来。至少，这个事实为如下推断提供了有力的支持，这就是：可以分析生命有机体及其组成部分的在目的上组织起来的活动，而勿需把目的或目标设定为动力因。

以人体的温度体内平衡器作为原则，让我们现在以一般的术语来阐述具有目标导向组织的系统的形式结构。[①] 这种系统特有的特点是：在面临其外环境或者其内部的一些部分的相对大的变化时，它们继续显示某一状态或性质 G(或者，它们显示在获得 G 的"方向"上的持续发展)，而那种变化如果不经过系统的内部调整来加以补偿，就会导致 G 的消失(或者导致系统的发展方向发生转变)。可以相当精确地表述这种系统的组织的抽象模式，虽然下面提出的只是对这一模式的一个纲要性的阐述。

设 S 是某个系统，E 是其外环境，G 是 S 在合适条件下具有的某个状态、性质或行为方式。暂时假设 E 在一切相关的方面保持不变(这个假设最终会被放松)，这样可以忽略它对 S 中 G 的出现的影响。又假设 S 可以分析成为若干部分或过程的一个结构，这样它们的某一成员(可能一切成员)的活动与 G 的出现因果地相关。为简单起见，假设只有三个部分，每个部分能够处于 n 个不同的条件或状态之一。在任何给定时刻，各个部分的状态分别用谓词"A_x"、"B_y"和"C_z"表示，这里，下标的字母分别指示相应部分的不同的特定状态。因此，"A_x"、"B_y"和"C_z"是状态变量，虽然它们不一定是数值变量，因为可能得不到那些表示

---

① 以下讨论主要受惠于 G·萨默霍夫：《分析生物学》，伦敦，1950 年。也可参见阿尔弗雷德·J·洛特卡：《物理生物学原理》，纽约，1926 年，第 25 章；W·罗斯·阿希比：《大脑设计》(伦敦，1953 年)和《控制论导论》(伦敦，1956 年)；R·B·布雷斯韦特：《科学说明》，剑桥，1954 年，第 10 章。

各部分状态的数值测度；在任何给定时刻，S 的与 G 因果相关的状态便可以用矩阵“$(A_xB_yC_z)$”的一个特化来表示。可是，状态变量可能在形式上相当复杂，例如“A_x”可以表示在一个特定时刻躯体的毛细血管的状态，它们可以是单一的坐标或统计坐标。但为了避免在表述上不必要的麻烦，我们将假设，不管状态变量的实质如何，就它们所表示的状态而论，S 是一个决定论系统，这就是说，S 的状态以这样一种方式变化，以至于如果 S 在任何两个不同的时刻处于同一状态，那么从那些时刻起经过相等的时间间隔之后，S 的相应状态仍然是相同的。

还必须阐明一个一般性的进一步的重要假定。可以给各个状态变量指派一定的“值”，这个值刻划了一个状态的特征，如果这个值符合其状态由这个变量来表达的 S 的那个部分的已知特征的话。其实，“A_x”的值必须属于一个受限制的类 K_A；对于其他两个状态变量的可允许的值来说，有类似的类 K_B 和 K_C。举一个例子来说明进行这种限制的理由。如果 S 是人体，“A_x”陈述毛细血管的扩张程度，那么，显然这个程度不能超出某个极大值；因为若假设毛细血管比如说有平均 5 英寸的直径，显然是很荒唐的。另一方面，将假设一个状态变量在一既定时刻的可能值不依赖于其他状态在那一时刻的可能值。不要误解这一假定。它不是断言，一个变量在一个时刻的值不依赖于其他变量在某个其他时刻的值；它只是规定，一个变量在某个指定时刻的值，不是其他变量在那同一时刻的值的函数。这是一个通常对状态变量作出的假定，引入这一假定部分地是为了避免多余的状态坐标。例如，在经典力学中，状态变量是一个粒子在一时刻的位置和动量坐标。虽然一个粒子在一时刻的位置一般来说取决于它在某个先前时刻的动量（和位置），但在一个既定的时刻，位置不是在那个既定时刻的动量的函数。如果位置是动量的这

样一个函数,那么很清楚,在经典力学中,一个粒子的状态不可能是只由一个状态变量(动量)来指定的,这样提及位置就是多余的。在我们目前的讨论中,我们类似地假定每个状态变量都是必不可少的,这样,这几个状态变量的同时值的任意组合得出矩阵“($A_xB_yC_z$)”的一个可允许的特化,假使变量的值各自属于类 K_A、K_B、K_C 的话。这等于说,除了这个附带条件外,必须这样来分析那个按规定与 G 因果地相关的 S 的状态,以至于用来描述在一既定时刻的状态的状态变量是相互独立的。

现在假设,如果 S 在某一初始时刻处于状态($A_0B_0C_0$),则要么 S 有性质 G,要么在 S 中产生了一系列变化,作为变化的结果,S 在随后的时刻具有 G。我们称 S 的这样一个初始状态为一个“相对于 G 的因果有效状态”,或简称一个“G－状态”。不是 S 的每个可能状态都需要是一个 G－状态,因为在一既定时刻,S 的因果相关的部分之一可以处于某一状态,这样,没有任何其他部分的可能状态的组合会产生 S 的一个 G－状态。因此,假设 S 是人体,G 是具有在 97℉ 到 99℉ 这一范围的一个体内温度这一性质,A_x 是毛细血管的状态,B_y 是甲状腺的状态,C_z 是肾上腺的状态。可能会发生这种情况:B_y 采取了一个值(如与急性活动过度相对应的值),以使分别对于 A_x 和 C_z 的任何可能值来说,G 不会实现。当然也可以设想:没有任何 S 的可能状态是一个 G－状态,以至于 G 事实上绝不会在 S 中实现。比如说,如果 S 是人体,G 是具有一个位于 150℉ 到 160℉ 之间的体内温度这一性质,那么,对 S 来说,就没有一个 G－状态。另一方面,S 不只有一个可能状态是 G－状态,但若不止存在一个可能的G－状态,那么,(由于已假设 S 是一个决定论系统)在一个既定时刻实现的一个状态,是由 S 在某个先前时刻的实际状态唯一地决定的。对 S 来说,不止有一个这种可能状态的情形,与目

前的讨论尤其相关，因此现在我们必须更严密地考虑这一情形。

又假设在某个初始时刻 t_0，系统处于 G－状态$(A_0B_0C_0)$。可是让我们假设在 S 中发生了一个变化，以至于因此引起 A_0 变化，结果，在 t_0 之后的某个时刻 t_1，状态变量“A_x”具有另外的值。“A_x”在 t_1 将具有什么值，这一般来说取决于在 S 中已发生的具体变化。但我们假定，倘若“A_x”在 t_1 时的值属于不止包含一个成员的类 K'_A（K_A 的一个子类），又倘若在其他状态变量中发生了进一步的变化，而 S 在时刻 t_1 继续处于 G－状态。为便于分析，设 A_1 和 A_2 是 K'_A 的唯一可能成员；又设既非$(A_1B_0C_0)$又非$(A_2B_0C_0)$是一个 G－状态。换句话说，如果 A_0 转变成为 A_3（K_A 但不是 K'_A 的一个成员），S 就不再处于 G－状态；但即使“A_x”的新值属于 K'_A，如果这是 S 中的唯一变化，则系统在时刻 t_1 也就不再处于 G－状态。可是让我们假设 S 是这样构成的，以至于若引起 A_0 变化，致使“A_x”在 t_1 时的值属于 K'_A，那么在其他状态变量的一些值或一切值中，就会有进一步的补偿性变化，使 S 继续处于 G－状态。

规定这些进一步的变化具有如下性质。作为在 A_0 上的变化的伴随状况，如果“B_y”和“C_z”在时刻 t_1 时的值分别属于一定的类 K'_B 和 K'_C（这里 K'_B 当然是 K_B 的一个子类，虽然不必然是 K_B 的一个真子类，K'_C 是 K_C 的一个子类），那么，对 K'_A 中的每个值，存在着一对唯一的值，这个对的成员属于 K'_B，另一个属于 K'_C，以至于对于这些值来说，S 在时刻 t_1 继续处于 G－状态。可以把这些值对看作是某一类 K'_{BC}的元素。另一方面，如果“B_y”和“C_z”的改变了的值不伴随在“A_x”的值上的指定变化，则系统在时刻 t_1 就不再处于 G－状态。因此，按照引入的记法，如果在时刻 t_1，S 的状态变量具有这样一些值，以至于其中的两个值属于类 K'_{BC}的一个对的成员，而第三个变量的值不是 K'_A 中

的相应元素，那么S不处于G－状态。例如，假设当A_0转变成为A_1时，初始G状态（$A_0B_0C_0$）转变成为G－状态（$A_1B_1C_1$），但（$A_0B_1C_1$）不是G－状态；又假设当A_0转变成为A_2时，初始的G－状态转变成为G－状态（$A_2B_1C_2$），但（$A_0B_1C_2$）不是G－状态。在这个例子中，K'_A是类（A_1，A_2）；K'_B是类（B_1）；K'_C是类（C_1，C_2）；K'_{BC}是两个对组成的一个类〔（B_1，C_1），（B_1，C_2）〕，其中A_1对应于对（B_1，C_1），A_2对应于对（B_1，C_2）。

现在让我们把各个要点结合在一起，并引入一些定义。假设S是满足如下条件的一个系统：(1)S能够被分析成为若干相关部分或过程的一个集合，这个集合的一些成员（比如说三个成员，即A、B和C）与S中某个性质或某个行为方式G的出现因果地相关。在任何时刻，通过把一些值指派给状态变量"A_x"、"B_y"和"C_z"的一个集合，便可以指定S的与G因果地相关的状态。对于任何既定时刻来说，这些状态变量的值可以相互独立地被指派；但按照S的性质，把各个状态变量的可能值分别限制到值K_A，K_B，K_C的某些类。(2)在属于某个时间间隔T的一个既定的初始时态t_0，如果S处于G－状态，则在任何状态变量上的变化一般来说都会使S越出这个G－状态。假设在这些状态变量的一个（比如说参量"A"）上激起一个变化；假设在属于时间间隔T、但晚于t_0的一个时刻t_1时，这个参量的可能值属于某一个类K'_A，并附加上这一条件：如果这是在S的状态上的唯一变化，那么，该系统越出它的G－状态。让我们把这个激发变化称为在S中的一个初始"变异"。(3)可是，S的A、B、C是这样联系在一起，以至于当S中的原始变异产生时，其余的参量也发生变化，且事实上它们在时刻t_1时的值分别属于一定的类K'_B和K'_C。在B和C上诱发的这些变化因而得出它们的参量在时刻t_1的唯一的两对值，这两对值是一个类K'_{BC}的元素。如果这两对值

的变化是在S的初始G－状态上的唯一变化，而且其变化不伴随着已指出的S的初始变异，则该系统在t_1时不会处于G－状态。(4)但事实上，K'_A和K'_{BC}的元素以一种特有的互补方式相互对应，以致于当S处于由这些状态变量的相应值指定的状态时，该系统在时刻t_1处于G－状态。这种由初始变异引起的、由在K'_{BC}中的两对值表示的S的状态变化，我们称之为S相对于其初始变异（也就是相对于在K'_A中的参量"A"的可能值）的"适应性变异"。最后，对于在时间间隔T中的每一对初始时刻和随后时刻，当一个系统S满足所有这些假定时，S的与G因果地相关的部分就被说成是"相对于G，在时间间隔T期间，被定向组织起来的"，或者，更简单地说，"被定向组织起来"，如果对G和T的指称能被看作理所当然的话。

对定向组织系统的讨论一直是以几个假定为依据的。但是，对于一个要求使用任何数目的状态变量（包括数值变量）的系统来说，对于在一个系统的不止一个因果相关的部分上激起的该系统的状态变化来说，对于一个系统的G－状态之间连续的以及离散的转变来说，都很容易使这一分析普遍化。[①]实际

---

① 当假设状态坐标是数值时，一个定向组织系统的条件可以表述如下：

设S是一个系统，G是S的一个特性，"x_1"、"x_2"、……"x_n"是G的状态变量。规定这些变量是独立变量，且是时间的连续函数，以上标指明它们在任何既定时刻t的值。

a）若相对于G来说，S是决定论系统，则在t时S的状态由S在某个先前时刻t_o的状态唯一决定。因此

$$x_1^t = f_1(x_1^{t_o}、\cdots x_n^{t_o}、t - t_o)$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$x_i^t = f_i(x_1^{t_o}、\cdots x_n^{t_o}、t - t_o)$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$x_n^t = f_n(x_1^{t_o}、\cdots x_n^{t_o}、t - t_o)$$

这里f_i是其自变量的单值函数。相对于时间的一阶导数它们也是其自变量的

上,在这个分析框架内要发展这样一个系统的概念并不困难,相对于在同一时刻的几个 G,相对于在不同时刻的若干可能的(以及甚至不相容)G,相对于按照某个设定的"相对重要性"尺度而构成一个等级结构的一组 G,或者更一般地说,相对于其成员关

单值函数,但不是其他时间函数的单值函数。

b) 由于 S 的专门属性对状态变量的值施加的约束,每个变量"x_i"的值将落入由一对成员 a_i 和 b_i 决定的一个闭区间内,亦即:

$$a_i \leqslant x_i \leqslant b_i$$

其中 $i \leqslant 1、2 \cdots、n$,或二者择一:

$$x_i \in \Delta x_i$$

这里 Δx_i 是某个确定的区间,"$\in$"是表示一个类的成员之间关系的常用记号。

c) 若在属于一既定时期 T 的一个既定时刻 t,S 处于一个 G-状态,则状态变量必须满足一组条件或方程。可以用如下要求来表示 S 在时刻 t 处于一个 G-状态:

$$g_1(x_1^t、\cdots、x_n^t)=0$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$g_r(x_1^t、\cdots、x_n^t)=0$$

这里每个 $g_j(j=1、2、\cdots、r)$是相对于每个状态变量的可微函数,且 $r<n$

d) 满足对 S 的一个 G-状态进行定义的这些方程的每个状态变量"x_i^t"的值,属于某些有限区间:

$$a_i \leqslant a_i^G \leqslant x_i^t \leqslant b_i^G \leqslant b_i$$

或二者择一:

$$x_i^t \in \Delta x_i^G$$

这里 Δx_i^G 属于区间 Δx_i

e) 设 S 在时期 T 期间的初始时刻 t_0 处于一个 G-状态,又设在某个状态变量"x_k"的值上发生了一个变化,结果使得在 T 的比 t_0 晚的时刻 t,这个状态变量的值是 x_k^t。这个变化是一个维持 G 的变化(以至于 $x_k^t \in \Delta x_k^G$)的条件是,对每个函数 g_j,有:

$$\frac{\partial g_j}{\partial x_k^{t_0}}=\frac{\partial g_j}{\partial x_1^t}\frac{\partial x_1^t}{\partial x_k^{t_0}}+\frac{\partial g_j}{\partial x_2^t}\frac{\partial x_2^t}{\partial x_k^{t_0}}+\cdots+\frac{\partial g_j}{\partial x_n^t}\frac{\partial x_n^t}{\partial x_k^{t_0}}=0$$

f) 在 T 期间,系统相对于 G 是定向组织起来的,如果,当维持 G 的这种变化在任何给定的状态变量"x_k"上产生时,在一个或多个其他变量之上,就有补偿性变化。因此,至少必须有一个函数 g_j,使得在刚才提到的偏微分方程中,至少有两个非衰减的被加项。这就是说,在一个或多个这样的方程中,至少有两个被加项以使:

$$\frac{\partial g_j}{\partial x_i^t}\frac{\partial x_i^t}{\partial x_k^{t_0}}\neq 0$$

系随着时间和环境而变化的一组 G,这种系统都显示了自我调节行为。但是除了复杂性之外,没有什么直接相关的东西可以通过扩展这种分析而得到;对于我们的目的来说,已经提出的这些纲要式的、不完全一般的定义便已足矣。

以上论述法清楚地表明,若 S 是定向组织系统,则在某个重要的意义上,G 的维持不依赖于在 S 的任何一个因果相关的部分上的变化,——若这些变化没有超出一定极限的话。因为虽然假设 G 在 S 中的出现依赖于 S 处于一个 G-状态,因此依赖于 S 的因果相关的部分的状态,但在这些部分之一的状态上的变化,可以由在其他一个或多个因果相关的部分上引起的变化来补偿,这样就维护 S 处于假定的 G-状态。因此,所谓的"目标制向"系统或目的论系统的明显特征,是由对一个定向组织系统所规定的条件系统地阐述的。以上分析因而已表明,可以以这样一种方式来解释目的论系统的概念,这种方式不需要把目的论采纳为一个根本的或不可分析的范畴。按照以上的分析也可以阐明那种被称为系统的"定向组织程度",或系统的某一属性的"维持程度"的东西。因为性质 G 在 S 中被维持(或者 S 继续发展,这个发展终止于 G)到这个程度上:可能的基本变化范围 K'是与诱发起来的补偿性变化(即适应性变化)K'_{BC}相联系的,这样 S 便被维持在其 G-状态上。与这种补偿性变化相联系的范围 K'_A 越大,独立于 S 的状态变化的 G 的持续性也越大。因此,按照有可能为变化范围 K'_A 指定一个量度的假定,S 相对于在状态参量 A' 上的变化而言的"定向组织程度",便可以定义为这个范围的量度。

我们现在可以放松这一假定:外环境 E 对 S 没有影响。但在取消这一假定时,如果把一些新东西引入我们的分析,则我们只会把分析弄复杂。因为假设在 E 中有某个因素,它与 S 中 G

的产生因果相关，且其状态在任何时候都可由状态变量"F_W"的某个确定形式决定。那么，与S中G的产生因果相关的扩充系统（由S和E构成的系统）的状态，是由矩阵"($AxByCzF_W$)"的某个确定形式指定的，这一讨论如前那样进行。可是，一般来说情况不是这样，即在S内部的任何一个部分上的变化，都会在环境因素上产生任何有意义的变化。情况往往是这样的：环境因素的变化很不依赖于内部的部分；环境因素不经受那种对S的状态变化进行补偿的变化；当环境因素上的一个范围有限的变化可以由S上的变化来补偿，以致于维持S处于某个G－状态时，环境因素所能采取的绝大多数状态不能这样由S上的变化来补偿。因此，在有机系统与其环境的关系上，谈论有机系统的"可塑性程度"或"适应性程度"已习以为常，但不是反过来谈论环境的这种性质。可是，也有可能以一种类似于定义系统的"定向组织程度"的方式来定义这些概念，而不专门指涉有机系统。这样，设在环境的状态变量"F"上的变化（假定这些变化由S上的进一步的变化来补偿，从而维持S处于某个G－状态）都属于类K'_F。对于这个类的量来说，如果能够设计合适的测度，则在与F的关系上，S相对于某个G的维持而言的"可塑性程度"，可以被定义为等于对K'_F的量度。

作为对目标制向系统或目的论系统之抽象结构的勾画，这必定已经够了。这里给出的这一论述，故意没有讨论在特殊的目的论系统的操作中涉及到的详细机制；它只是假设所有这些系统原则上都可以分析为若干部分，这些部分与那些系统中某一特点的维持是因果相关的，而且它们之间、它们与环境因素之间处于确定的关系之中——这种关系可以被表述为一般定律。对详细机制的发现和分析是专门化的科学研究的任务，因此，由于以上论述只处理那种被认为是目的论系统独特的共同结构的

东西，所以这一论述在这些实质性的问题上完全是中立的，比如说，是否一切目的论系统的操作都可以用完全的物理化学术语来说明的问题。另一方面，如果这个论述至少近似是恰当，那么，它需要对一个问题作出正面的回答，那就是：不援引作为动力因的目的和目标，是否就能表述目标制向系统的突出特点？

可是，有一个进一步的问题必须加以简要讨论。定向组织系统的定义是这样来阐述的，以至于它可以用来表征生物系统和非生命系统。事实上，无论是在生物系统还是在非生命系统中，都容易引证这个定义的实例。相对于体内温度平衡器而论的人体便是生物学的例子；装有炉子和恒温器的屋子是取自物理化学的例子。不过，虽然这个定义并不想把生命目的论系统和非生命目的论系统区分开来——因为在这两种系统之间的差异必须按照它们显示出来的特殊的物质构成、特征和活动来阐明——但它*却*想把明显具有“目标制向”特性的系统和通常没有这种特性的系统区分开来。因此仍然存在着这个问题：这个定义是否确实实现了其目的。或者相反，这个定义是否如此广泛，以致于几乎*任何*系统（不管通常是不是把它判断为目标制向系统）都满足它。

现在一定有许多物理化学系统，它们通常不被看作是“目标制向”系统，但它们似乎遵从以上提出的定向组织系统的定义。因此，处于静止的单摆、弹性固体、流经导线的稳恒电流、处于热力学平衡的化学系统，都是这种系统的明显例子。所以看来定向组织的定义——以及因而提出来对“目标制向”系统或“目的论”系统的分析——不能获得它的预想目标。但在这一点，我们可以顺次作出两个评注。首先，虽然我们公认确实区分了目标制向系统和非目标制向系统，但这个区分是高度模糊的，有许多系统不能被确定地划分为属于这一种而不是那一种。这样，有

时被称为“走走碰碰”的这种儿童玩具——当它到达桌边，掉不下去时，它便转身，因为经由一个“天线”的作用，有一个轮在那时进入这种玩具的活动之中——是不是一个目标制向系统呢？病毒是这样的系统吗？由已经历了沿一个稳定方向的进化发展（比如，在雄性爱尔兰麋中巨大鹿角的发展）的某个生物物种的成员构成的系统是一个目标制向系统吗？此外，一些系统一时间与一个知识体系相联系，因而被划分为“目的论”系统，但当关于物理机制的知识得到改进时，它们随后便被重新划分为“非目的论系统”。在前牛顿时代的物理学中，“自然并不徒劳无益”是一个被共同接受的准则，依据“自然处所”的教条，甚至物体的下落和烟的上升都被看作是目标制向的。因此，目前在目标制向系统和非目标制向系统之间的区分是否总有一个可以鉴定的客观基础（即按照这些系统的实际组织之间的差异来区分它们），同一个系统是否不可以用二者择一的方式——这些方式取决于看待这一系统的观点和为了分析其结构而采纳的前提假定——来分类，这个问题至少还是一个未决问题。

其次，诸如处于静止的单摆（往往不把它看作是目标制向系统）这样的物理系统，是否确实遵从以上提出的“定向组织”系统的定义，这一点也不确定。考虑一个原先处于静止状态但随后受到一个小推动（如一阵突如其来的风）的单摆，假设除了该系统的约束和引力之外，作用在摆锤上的唯一的力是空气摩擦力。那么，按照通常的物理学假定，这个单摆将以衰减的振幅作谐和振动，最后回到它初始的静止位置。这里，系统由摆和作用于其上的力构成，而性质 G 是摆在振动路径的最低点静止时的状态。假设摆的长度和摆锤的质量是固定的，作用于其上的引力和阻尼系数也是固定的；变量是那阵风的冲力，以及由于系统的约束和引力场的出现而作用在摆锤上的恢复力。可是——这是

关键之处——这两个力不是相互独立的。因此,如果前者的有效成分具有一定的量,恢复力也具有一个相反方向的同样的量,这样,若该系统在一既定时刻的状态是按照把这些力当作值的状态变量来指定的,那么,这些状态变量就不满足对定向组织系统的状态变量规定的条件;因为这样一个状态变量在一既定时刻的值是由另一个变量在同一时刻的值唯一地决定的。总之,这些状态变量在任何给定时刻的值不是互不相干的。① 由此推出,在以上提出的定义的意义上,单摆不是一个定向组织系统。此外,以类似的方式可以表明,一些被普遍认为是非目的论系统的其他系统也不能满足那个定义。是否可以表明当前如此看待的一切系统都是这样,这公认是一个未决问题。可是,由于至少有这样一些系统,它们通常没有被表征为目的论系统,但若根据这个定义,它们也必定被表征为目的论系统,所以,“定向组织”这个名称(其含义是由这个定义来解释的)并不应用于任何东西,它不是毫无差异地命名一个区分的。因而有一定的理由认

---

① 通过对单摆通常的数学讨论的考虑,可以更详细地表明这一点。设 l 是单摆的长度,m 是其摆锤的质量,g 是重力常数,k 是摆由于空气抵抗的阻尼系数,s 是摆锤以其静止点沿着其振动路径的距离,则单摆的微分方程(按照振幅较小这一假定)是:

$$m\frac{d^2s}{dt^2}+k\frac{ds}{dt}+\frac{mg}{l}s=0$$

如果在时刻 t_o,单摆处于静止状态,则 $s_o=0, v_o=\left(\frac{ds}{dt}\right)_0=0$,于是:

$$\left(m\frac{d^2s}{dt^2}\right)_0=0$$

亦即,没有不均衡的力作用在摆锤上。现在假设在时刻 t_1,摆脱在 s_1,其速度为 v_1;则恢复力是:

$$\left(m\frac{d^2s}{dt^2}\right)_1=-kv-\frac{mg}{l}s_1$$

但在时刻 t_1,传送到摆锤的一个冲力 F_1,唯一地决定摆锤在那时的速度 v_1 和位置 s_1。因此可以算出恢复力,结果表明它由这个冲力唯一决定。

为这个定义获得了它想获得的东西，它表述了通常被认为是“目标制向系统”之标志的抽象结构。

ii. 我们现在能相当简洁地解决我们打算考察的第二个问题(在原书第410页)。这就是：往往只是联系着“目标制向”系统才提出目的论说明。这一事实是否影响如下主张：就其论断内容而言，每个目的论说明都可以翻译成为一个等价的非目的论说明。如果这种系统可分析为上述定义意义上的定向组织系统，则答案显然是否定的，即这种影响并不存在。因为，按照能够以提议的方式解释目标制向系统的概念这一假设，明确地把目标制向系统与非目标制向系统区分开来的特征，完全可以用非目的论的语言来加以表述。因此，原则上可以用非目的论语言来表示关于目的论说明之题材的每个陈述，这样一来，目的论说明以及关于其使用情景的一切断言，都可以被翻译成为逻辑上等价的非目的论表述。

那么，为什么以目的论的形式表示像玻义耳定律这样的物理陈述，看起来有些稀奇古怪呢？如果实际上通常只是联系着那被认为是定向组织的对象来发展目的论陈述(尤其是目的论说明)，那么，回答是很清楚的。这种古怪并非来自于一个物理定律的明确地得到断言的内容和它的号称是以目的论的形式来表述的等价物的相应内容之间的差异。玻义耳定律的目的论变种看起来稀奇古怪，无法接受，原因在于这种表述通常被认为是依赖于这一假定，即在一个容积中的封闭气体是一个定向组织系统，但这个假定是与一定容积的气体不是这样的系统这一通常得到接受的假定相矛盾的。因此，在某种意义上，一个目的论说明所蕴含的东西，的确比在表面上与之等价的非目的论翻译所蕴含的东西要多。因为前者预设——而后者通常并不预设——在说明中所考虑的系统是定向组织的。不过，如果以上分

析一般来说是可靠的,则目的论陈述的这种“剩余意义”总是能够以非目的论语言来表示。

3. 相对于它所明确断言的东西,总是可以把一个目的论陈述翻译成为一个等价的非目的论陈述,按照这一假说,让我们现在把这个问题弄得更明白些,即这两种说明究竟在什么方面的确不同。差别似乎如下:目的论说明专注于特定过程的顶点和产物,尤其关注一个系统的各个部分对维持其整体性质或整体行为方式的贡献。它们是从事物所属的某些经过选择的“整体”即统一的系统的角度来看待事物的运动的。因此它们关心这种整体的有关部分的特征,只因为那些部分的特征与各种复杂特点或活动有关,而正是这些复杂特点或活动被认为是那些整体的特征。另一方面,非目的论说明基本上把注意力指向那些激发或维持指定过程的条件,指向一个系统的某些大范围特性之继续显示所依赖的因素。它们力图把复杂系统的统一行为揭示为更基本因素的结果,而这些因素往往被看作是那些系统的组成部分;因此,它们关心复杂整体的特性。几乎完全到了这样的程度:这些特性依赖于基本因素的假定特征。总之,目的论说明和非目的论说明之间的差异,如已指明的那样,是在表述的着重点和角度上的差异。

如果这个论述是可靠的,那么,在定向组织系统的研究中,目的论说明的使用,如同非目的论说明的使用一样,符合现代物理学的精神。通过考察当前对目的论说明持有的两个评判,这一结论得到了证实,其中一个评判揭示了目的论说明的价值的局限性,另一个则在原则上反对使用目的论说明。

a. 有人提出一个主张:虽然目的论说明一般来说是合法的,但只有当我们对于定向组织系统恰巧具有的知识是某一类

型的知识时，目的论说明才有用。[①] 就一个定向组织系统可以对其作出适应性反应的环境变化范围来说（亦即对我们所说的目标制向系统的"可塑性"来说），我们能够得到的信息可能有两个来源。这种信息可能是把从极其相似的系统的直接实验研究中得到的归纳概括外推到一个给定系统时得到的。例如，对于人的一个特定的有机体，在面临环境温度的变化时维持其体内温度的"可塑性"而论，我们目前具有的知识，是以我们对其他人体的适应性反应的了解为依据的。从这一观点来看，目的论说明在这种情形中是有价值的，因为它们能使我们从我们对类似系统的过去行为的知识中，预言一个给定系统的某些未来行为，否则，这些未来行为在我们假定的知识状态上来看就是不可预言的。另一方面，关于一个给定系统的可塑性，我们的信息可能具有这样一种地位，即它是从先前确立起来的因果律中演绎出来的，这些因果律关系到这个系统所体现的机制。在这种情形中，可以借助于一般假定算出一个给定系统对环境变化的适应性反应，而且不必了解类似系统的过去行为也能预言这些适应性反应。因此，在这种情形中，目的论说明据说价值甚微（若有价值的话）。

就定向组织系统的可塑性而论，虽然在能够得到的知识的两种来源之间的区分明显是可靠的，不过还不清楚为什么应以这种指定的方式，在有价值的目的论说明和无用的目的论说明之间划出一个界线。关于一个说明的价值的问题，不是诉诸说明前提的逻辑来源来判定的，相反，只有通过考察一个说明在研究中、在思想的交流中所起的有效作用，才能回答这一问题。但无论如何远不明确的是，是否总是或经常把对目标制向系统（对

① R·B·布雷思韦特：《科学说明》，第333页以下。

于这些系统来说，我们具有在理论上建立起来的知识）的目的论说明看作是无益的。因为事实上有许多人工自调节系统（如具有速度调节控制器的发动机）的可塑性可以从一般的理论假定中推导出来。不过，对这种系统的各种特点的目的论说明，还在继续填补在其技术处理问题上的许多空白，没有充分的理由认为目的论说明往往被视为毫无价值的破烂货。

b. 然而，有时这一观点遭到反对，即目的论说明不可原谅地过分褊狭。目的论说明立足于一个隐含假定：一组特殊的复杂系统具有一个优惠的地位；因此目的论说明把事物和过程在维持那些系统（而不是其他系统）中的作用看作是中心的。这个异议继续道，过程没有固定的终点，不能正确地认为它们完全致力于维持某一组独特的整体。因此，比如说，说人的血液中白细胞的功能就是保护人体免受其他微生物的侵袭，这种说法会令人误入歧途。这无疑只是白血球的一个功能；从人体的角度来看，甚至可以说这个特定的活动就是白细胞的功能。但白细胞也是其他系统的元素；如它们是孤立于身体的其他部分来考虑的血流的一个部分，是由某一群病毒加上这些白细胞构成的系统的一个部分，或者，是更广阔、更复杂的太阳系的一个部分。这些其他系统也只有在一定的条件下才能维持它们正常的组织和活动；从这些难以计数的其他系统的维持来看，白细胞具有其他的功能。

对这一异议的明显答复是采取你也在内（tu quoque）的形式。把注意力集中于结果、终点和用途，与集中于前提、起点、条件一样合法。过程没有固有的终点，但它们也没有绝对的开端。事物和过程一般来说不是致力于维护某个完全唯一的整体的元素，但整体也不是可分析成为一组完全唯一的构成要素。不过，在因果关系的研究中，把注意力集中于一个过程的发展中的某

些较早阶段而不是较晚的阶段，集中于一个系统的一组构成要素而不是另一组构成要素，在理智上来说是有益的。类似地，对于一些问题的分析来说，把某些复杂整体而不是其他的整体选为起点，也是富有启发的。此外，正如我们已经看到的，一些东西是定向组织系统的部分，但似乎不仅仅是定向组织系统的部分。对这些独特的定向组织系统中有关部分的独特功能的研究，不是一个毫无保证地把一种重要性赋予某些特殊系统的成见。相反，它是对研究题材中那些可以客观地鉴定的根本差异保持敏感的一种探究。

不过对这个异议来说还有一点：因为人类的狭隘兴趣对构造目的论说明的折射性影响，往往比在非目的论分析的情形中更容易受到忽视。因此，某些过程的最终产物，某些变化方向，往往被认为本来就是"自然的"、"本质的"或"正当的"，而所有其他的东西则被称为"不自然的"、"偶然的"乃至"畸形的"。这样，稻种长成稻子有时据说是自然的，而它们转变成为鸟或人的肉体则被认为纯属偶然。在一个特定的研究情景中，按照激发这个研究的问题，对于唯独重视一个可能的变化方向、唯独重视事物和过程的那个对其维持起着作用的活动体系，会有充分的辩护。但漠视事物可能具有的其他功能、漠视这些事物可能的其他整体，这并没有保证这一结论：这些被忽视掉的东西不比得到注意的东西更真实和自然。

4. 必须简要地注意与生物学中的目的论说明相联系的最后一点。如已提及的那样，一些生物学家认为，生物学说明的显著特征出现于生理学研究中（在生理学研究中，器官和生命过程的功能受到分析），即使绝大多数生物学家很可能准备承认，在形态学即结构特性的研究中，不需要专门的说明范畴。因此，一些作者已把着重点置于结构和功能的比较上，并强调对生命的

决定要素的结构和功能的相对重要性进行评价的困难。普遍承认,“功能的发展与结构的发展携手并进”,如果没有物质结构,生命活动便不会产生,而除了作为原生质活动的产物外,生命结构也不会存在。在这个意义上,结构和功能被公认为生命组织的“不可割裂的两个方面”。不过,对于“在什么程度上结构可能改变功能或功能可能改变结构”这一问题来说,杰出的生物学家认为那仍然是一个没有解决也许不可解决的问题;他们认为,结构和功能之间的比较提出了一个“二难问题”。[①]

但这个对比是什么呢?对比项为什么提出一个似乎无法解决的问题?每个对比项都蕴含着据说要求生物学特有的分析和说明方式的东西?让我们先提醒自己一下,对某个生物器官(如人眼)的形态学研究,以什么方式不同于相应的生理学分析。对眼的结构说明在于描述它的总体的和精细的解剖学。这样一个说明因而指定该器官的各个部分、它们的形状、相互间的空间排列和相对于身体的其他部分的空间排列,以及它们的细胞组成和物理化学组成。“眼的结构”这一短语因而通常指示它的各个部分的空间组织,以及每个部分的物理化学性质。另一方面,对眼的生理学说明指定其各个部分从事或能够从事的活动,以及这些部分在视觉中所起的作用。例如,睫状体肌能够收缩和放松,这样由于它们与悬韧带的联系,晶状体的曲率就能调整以适应近视或远视;或者泪腺被鉴定为润滑和清洗眼角膜的液体源。

---

① 参见埃德温·G·康克林:《遗传与环境》,普林斯顿,1922年,第32页;以及埃德蒙·B·威尔逊:《细胞》,纽约,1925年,第670页。在后来的一本书中,康克林声称“机械论与目的论的关系不像结构与功能的关系——结构与功能是组织的两个方面。机械论的生命观主要是结构方面,目的论观点则主要看重基本的功能。生命的这两个方面不是对立的,而是互补的。”——《真实的人与理想的人》,纽约,1943年,第117页。

因此，一般地说，生理学关心眼的各个部分可能从事的活动的特性、次序和结果。

如果这个例子代表生物学家使用这两个术语的方式，那么，结构和功能之间的对比，显然是在器官的那些可以在解剖学上区分的部分的空间组织和在那些部分上发生变化的时间(或空时)组织之间的对比。在这对比各项下分析的东西，是一个组织方式或一种秩序。在一种情形中，组织基本上(若不完全)是空间组织，研究的目标是确定各个有机部分的空间分布和它们的联系方式。在另一种情形中，组织有一个时间因素，研究的目的是发现在有机体的那些空间上排列和联结的部分之上发生的顺序和同时的变化秩序。因此，明显的是，结构和功能(在生物学家所使用的这两个词的意义上)其实是“不可分割的”。因为要理解任何这样的假设是很困难的，即，具有时间组织的一个活动系统却不是由显示这些活动的那些在空间上结构化的部分构成的系统。不管怎样，一种研究旨在于发现各个有机部分的空间组织，而另一种研究则致力于确定对那些部分的活动进行表征的时空结构，在这两种研究之间显然没有对立。

在物理科学中也能引入在这两种研究之间的类似区分。比如，描述性的自然地理学主要关心山脉、平原、河流、海洋的空间分布和空间关系；另一方面，地史学和历史地球物理学的分析则涉及到这些地理特点变化的时间顺序和动力学顺序。因此，如果结构和功能的研究在生物学中是对立的，则类似的对立也会出现在非生物科学中。每个研究都涉及到对在研究对象中体现出来的大量关系模式进行辨别选择；一些研究指向一种模式，另外的研究指向其他类型不同的模式，这既是方便的又是不可避免的。似乎没有从如下事实中产生一个根本困惑的理由，即，生命有机体既显示了其部分的空间结构又显示了空时结构。

那么，结构和功能之间的生物学区分所提出的那个没有解决或不可解决的问题是什么呢？在这点上可以区分两个问题。首先，可以问，为了行使指定的功能而要求的空间结构是什么？在一个有机体或其组成部分的活动模式上的变化，是否与该系统的构成要素在分布和空间组织上的变化相联系？这显然是一个有待于详细的经验研究来解决的问题，而且，虽然在这点上有无数未解决的问题，但它们并没有提出原则性的争端，例如，由哲学家和理论生物学家组成的一个学派认为，在显著不同的物种中，某些类似的器官的发展只能按照"生命冲动"的假定来加以说明，这个"生命冲动"使进化指向某个未来功能的获得。这样，章鱼的眼和人眼自然相似，虽然每个物种从其无眼的祖先演化到有眼，经历了相当不同的发展路线，这个事实已被用来作为支持如下主张的证据，即不可能按照偶然变异和适应机制来说明这种趋同现象。因而这一事实也被用来支持这个观点，即存在着一个"共同的原始生命冲动"，它这样作用于无生气的物质，以致于创生出进行视觉功能的合适器官。[①] 无论这个假说多么模糊，因而多么不能令人满意，但它甚至也部分涉及到了事实问题；如果绝大多数生物学家拒斥它，则他们这样做，多半是因为能够得到的事实证据更适于支持一个不同的进化发展理论。

其次，可以问：为什么恰恰是一个特定的结构与某一组功能相联系呢？或者反过来？现在可以把这个问题理解为是对一个事实进行说明（也许是用物理化学的术语）的要求，这个事实就是：当一个生物体有一个由其部分构成的特定的空间组织时，它

① 参见 H·柏格森：《创造性进化》，纽约，1911 年，第 1 章；对与柏格森的观点相类似的观点的简洁但深刻的批评，见乔治·G·辛普森：《进化的含义》，纽黑文，1949 年，第 12 章。也可参见 T·杜布赞斯基：《进化、遗传学与人》，纽约和伦敦，1955 年，第 14 章（该书有中译本——译者）。

便显示出一定的活动模式。当这样来理解这个问题时，它远远不是一个荒谬的问题。虽然在大多数情形中，我们对它可能没有答案，但至少在一些其他的情形中，我们确实有合理的合适回答，这样，我们确实有一些理由支持这个推测：我们的无知并不一定是永恒的。可是，这种说明不仅必须把关于生物的组成部分的物理化学构成，以及关于那些部分的空间组织的陈述包括为前提，而且必须包含物理化学定律或理论陈述作为前提。此外，在后一种前提中，至少有一些必须断言物理化学系统的空间组织和活动的时间模式之间的联系。但如果继续逼近这个问题，则也要求对后一种联系作出一个说明，最终便会走进一条死胡同。因为这一要求实际上接着又假设，物理过程的时间结构或因果结构完全是从物理系统的空间组织中推导出来的，或者反过来；这两个假定中没有一个实际上站得住脚。

类似地，对于钟的各个部分相互间所处的空间关系，有可能给出一个相当精确的论述。我们能够指定其嵌齿轮的尺寸、主发条和摆轮的位置，等等。尽管对钟的空间结构的知识必不可少，但这还不足以理解钟究竟是如何工作的。我们也必须了解力学定律，通过指出钟的各部分在一个时刻的空间分布如何与在后一个时刻的空间分布相联系，这些定律便阐述了钟的行为的时间结构。可是这种时间结构不能从钟的空间结构（即它的"解剖学"）中推导出来，从力学的一般定律中推导出来的东西，总是比钟在任何既定时间的空间结构要多。因此，一个既定的解剖学结构为什么与特定的功能相联系这一问题，可能是不可解决的，不是因为这个问题超越了我们回答它的能力，而只是因为在它意欲何为的意义上，这个问题在逻辑上是不可能的。总之，解剖学结构在逻辑上并不决定功能，虽然作为一个偶然事实，一个有机体具有的特定的解剖学结构的确约束着该有机体

能够从事的活动类型。反过来，一个有机体所显示的行为模式，逻辑上并不蕴含一个独特的解剖学结构，虽然在事实上，只有当一个有机体的各部分具有一定类型的确定的解剖学的结构时，它才显示特定的活动方式。

从这诸种考虑推出，结构和功能的区分并不包含着把生物学和物理科学区分开来的东西，或者，并不包含着使得在生物学中使用一种与众不同的说明逻辑成为必然的东西。否认在生物学和其他自然科学之间，相对于功能分析所起的作用而言存在着显著差异，这还不是目前讨论的目的。在由于所分析的系统的特殊性，因而适合于使用目的论说明的任何领域中，怀疑目的论说明的合法性，这也不是目前讨论的目的。这个讨论的目的只是要表明，目的论说明在生物学中的盛行，并不构成一种与那些流行于物理科学中的说明模式无法比拟的说明模式，而且，目的论说明在生物学中的使用，不是认为生物学需要一种相当与众不同的研究逻辑的充分理由。

二、有机论生物学的立场

在19世纪和本世纪早期，由杜里舒和其他生物学家倡导的那种实质性的活力论，现在在生物学哲学中几乎已经死寂。这个问题已不再成为关注的焦点，其所以如此，与其说是由于活动论已遭受到的方法论批评和哲学批评，不如说是因为活力论作为生物学研究的一个指南，毫无成果。因为研究生命现象的其他方法具有优越的启发价值。不过，在历史上深有影响的笛卡儿的生物学观，作为物理学的一个篇章，继续遇到抵制。发现活力论毫无价值的许多著名的生物学家，同样对笛卡儿纲领的有效性充满怀疑；他们有时提出他们信以为是决定性的理

由来证实生物学不可还原到物理学，生物学方法具有固有的自主性，反活力论和反机械论的论点在目前据以发展起来的立场，往往含有“有机论生物学”的这个称呼。这个称呼包含一系列特殊的生物学学说，而这些学说并不总是相容的。不过，归属到这个名称之下的学说，都享有一个共同的前提，即“机械论”型式的说明不适合于生命现象。我们现在考察有机论生物学的主要论点。

1．虽然有机生物学家否认“机械论理论”对于生命过程的合适性（如果说不总是可能性的话），但往往不清楚他们究竟是在反对什么。这种不清楚无疑与一种模糊性相称，而这种模糊性已成为生物学中专业“机械论者”对其目的和纲领进行陈述的标志。如我们有机会在前一章指出的，“机械论”这个词有多种含义，生物学中的“机械论者”及其敌手都在尽力阐明他们采用的这个词的含义。有一些生物学家只是在广义上把自己称作机械论者，即他们认为，生命现象是以确定的次序产生的，它们产生的条件是生物体的空时结构。但这样一种观点与生物学中一切流派的看法都符合，除了活力论者和激进的非决定论者外；不管怎样，当这样来理解生物学中的机械论时，在绝大多数有机论生物学家和承认机械论的生物学家之间，没有什么引起分歧的争端。也有一些生物学家是在这个意义上宣称自己是机械论者，即他们认为，一切生命现象都可以完全按照力学科学（更专门地说，按照在第七章的意义上的纯粹的或单一的力学理论）来加以阐明，因而他们相信，在这个词的原来意义上，生物就是“机器”。但值得怀疑的是，是否今日的生物学家都是这个意义上的机械论者。物理学家本身很久便放弃这个17世纪的希望，即在经典力学基本思想的框架内，能够发展一

门普遍的自然科学。说没有哪一位当代的生物学家实际上同意把生物学还原到力学科学，尤其是还原到接触运动的力学这一笛卡儿式的纲领，那是万无一失的。

不管怎样，现今自称为机械论者的绝大多数生物学家，都承认一个观点，这个观点比因果决定论的普遍论点更专门，但同时比这一思想受到的约束更小，即把一个机械论说明等同于按照力学科学进行的说明。我们将假设生物学中的机械论者是这样一个人，正如J·洛布认为的那样，他相信一切生命过程"都可以用物理化学的术语明确加以说明"，[①] 亦即，按照被公认属于物理学和化学的理论和定律来加以说明。可是，决不要认为这样理解的生物学机械论否认生物体有高度复杂的组织。相反，采纳这样一个观点的绝大多数生物学家往往断然指出，生物体的活动不是通过"只"分析它们的物理构成和化学构成，而不考虑它们的"有序的组织结构"，就可以得以阐明的。这样，洛布把一个生物体刻化为一个"化学机器"，这是对这种组织的明显认识。E·B·威尔逊甚至更加明确地认识到这种组织，在把种质的"发展"定义为胚芽借以产生其典型产物的活动整体后，威尔逊声称这个发展的具体历程：

> (在正常的条件下)是由形成其起点的生殖细胞的专门组织决定的。对这个组织，我们还没有合适的概念，虽然我们知道它的一个极其重要的部分是由细胞核表达的。……它的本质仍是一个没有得到解决的自然之谜。……不过，探索它的唯一可能路径在于这个机械论的观念：生殖细胞的组织，以某种方式必定可以追溯

---

① 雅克·洛布：《机械论的生命观》，芝加哥，1912年。

到其构成物质的物理—化学性质，以及这些物质可能采取的特殊构型。[①]

如果这就是当前生物学机械论的内容，如果有机论生物学家，像机械论者一样拒绝设定非物质的“活力论”动因（这些动因的活动是要说明生命过程），那么，有机论生物学的方法和内容怎么不同于机械论的方法和内容呢？正如有机论生物学家自己指出的，主要分歧似乎如下：

a．假设对活力论的唯一取舍便是机械论，这是错误的。存在着一些在其中物理—化学说明目前不起作用或起的作用甚微的生物学研究部门，而且一些在本质上不是物理—化学理论的生物学理论已经被成功地采纳。如就胚胎过程而论，就可以得到一个给人深刻印象的实验知识体系。虽然在已经发现的规律性中，没有几个目前可以完全用物理化学术语来加以说明；甚至目前形式上的进化论，以及基因遗传理论，都不是立足于关于生命过程的任何确定的物理化学假定。机械论说明最终将盛行于这些领域，这一定不是不可避免的；由于不管怎样，这些领域现在正被富有成效地探索而不必然承诺机械论论点，因而有机论生物学家至少有些理由怀疑机械论论点在一切生物学部门中的最终胜利。因为，正如物理学家能够有保证地认为物理学的某个部门（如电磁理论）不可还原到它的某个其他部门（如力学）一样，相对于生物学与物理科学的关系来说，有机论生物学家也能有保证地信奉类似的观点。因此在生物学中，对于活力论和机械论都还有一个真正

---

① E·B·威尔逊：《细胞》，纽约，1925年，第1037页，引文承蒙麦克米兰公司惠允。

的取舍，这就是：发展这样的说明体系，以使它们所采用的概念和所断言的关系，都不是在物理科学中得到定义，或者从物理科学中推导出来的。

b. 可是，有机论生物学家所主张的东西远不止于此。许多有机论生物学家也认为，物理—化学科学的分析方法本来就不适合生命有机体的研究；与生命过程相联系的中心问题，要求一种独特的研究方法；由于生物学内在地不可还原到物理科学，因而必须拒绝把机械论说明作为生物学研究的根本目标。对于这个颇为激烈的论点来说，通常提出的一个理由是生物系统的“有机”本质。实际上，在有机论生物学家的笔下，颇费了一番笔墨的主要论题便是生物及其活动的“完整性”、“整体性”和“统一性”。与非生命系统相比，生物不是互不依赖、可以分离的部分松散地结合起来的结构，不是相互间只处于外在联系的组织和器官的组装。生物是“整体”，必须作为“整体”来研究；它们不是可孤立的部分的净“和”，如果把它们假设为这样的“和”，则无法理解或说明它们的活动。但机械论说明把生命有机体解析为具有互不相干的部分的“机器”，因而在分析生命现象时采纳一种“加和”观。所以，由于整体有机体的活动“具有一定的统一性和完备性”，这种性质在把有机体的活动分析为其基本过程的历程中没有得到考虑，因而E·S·罗素推断，“无论是就其自身来看还是从我们理解的目的来看，都要认为作为整体的有机体的活动具有一种不同于物理—化学关系的次序”。[①] 因此生物学必须注意到两个“基本的方法律”：“整体的活动不能完全按照为了分析而孤立起来的部分的活动来加以说明”；“任何生命实体的任何部分，任何复杂的有机统一体的任何单一过程，都不能完全孤

① E·S·罗素：《发展和遗传的解释》，牛津，1930年，第171—172页。

立于作为整体的有机体的结构和活动来加以理解。"[①]

c. 有机论生物学强调的另外的但密切相关的一点是生命有机体和过程的"层次性组织"。这样,已知一个细胞是各种构成要素的结构,如细胞核、高尔基体、细胞膜等,其中每个构成要素又可以分析为其他部分,这些其他部分接着还可以进行分析,结果这一分析大概终止于分子、原子和"基本"粒子。但在多细胞有机体中,细胞也只是一个组织的编制中的一个要素,这个组织是某个器官的一个部分,这个器官是一个器官系统的成员,这个器官系统又是这个完整的有机体的一个构成要素。显然,这各个"部分"并不是在同一组织"水平"上出现的。因此,有机论生物学家着重强调这一事实:一个生命有机体不是在组织的复杂性上均匀的部分构成的系统,相反,必须根据这些部分所属的某个特定型式(也可能有几个这样的型式)的层次结构来区分一个有机体被分析成为的各个"部分"。现在,有机论生物学家并不否认,对于在一个层次结构的"较低"层次上的部分的活动来说,物理化学说明是可能的。他们也不否认,在较低层次上的那些部分的物理化学性质,以各种方式"制约"或"限制"较高组织层次的活动的产生和活动的方式。另一方面,他们确实否认,在一个层次结构的较高层次上发现的过程,完全是由较低层次的性质引起的,或完全可以按照较低层次的性质来阐明。生物化学公认就是研究细胞和有机体以它们自己的方式活动的"条件"。另一方面,有机论生物学研究整体有机体的那种"被认为

---

① 同上书,第146—147页,在如下文献中可以发现对有机论生物学的中心目标的类似论述:罗素《有机活动的方向性》,剑桥,1945年,尤其是第1章和第7章;L·冯·贝塔朗非《理论生物学》,柏林,1932年,第2章;他的《现代发展理论》,牛津,1933年,第2章;他的《生命问题》,纽约和伦敦,1952年,第1章和第2章;W·E·阿加《生命有机体理论》,墨尔本和伦敦,1943年。

受较低层次的整体活动方式制约、但又不可还原到后者"的活动。①

现在我们必须考察生物学的有机论探讨和机械论探讨之间存在的这些差异，并试图评判这一主张，即机械论探讨一般来说不适合于生物学的研究题材。

2. 乍一看来，有机论生物学提出的唯一问题就是我们已经讨论过的、与突现学说和科学之间相互还原的学说相联系的问题。其实也涉及到其他问题。但就这些问题就是还原的问题而论，我们可以迅速地处置它们。

让我们首先提醒一下还原的两个形式条件，它们已在前一章得到适度考察，对于一门科学还原到另一门科学来说，这两个条件是必要且充分的。尤其是当涉及到生物学和物理化学来阐述它们时，它们是这样的：

a. 可联系性条件。在一个生物学定律中，不属于基本科学的一切词项（比如"细胞"、"有丝分裂"或"遗传"），必须与从物理学和化学的理论词汇（如"长度"、"电荷"、"自由能"等这样的词项）中构造出来的表达式相联系。这些联系可能具有几种类型。可以按照物理化学表达式来分析、甚至明确地定义生物学表达式的意义，这样在极限情形中，为了有利于物理化学词项，可以排除生物学表达式。这种联系的一种可能方式是，通过某种类

---

① 罗素：《发展和遗传的解释》，第 187 页。类似的观点，可参见 L·贝塔朗菲和 A·B·诺维科夫："统一层次的概念和生物学"，《科学》，第 101 卷（1945 年），第 209—215 页，对这篇文章的讨论，见同一卷第 582—585 页和第 102 卷（1945 年）第 405—406 页。对生物学中层次性组织之实质及其对机械论说明之可能性的意义的详细分析，可以在如下文献中找到：J·H·伍杰：《生物学原理》，纽约，1929 年，第 6 章；伍杰："有机体的概念以及胚胎学和遗传学之间的关系"，《生物学评论季刊》，第 5 卷（1930 年）和第 6 卷（1931 年）。

型的协调定义，生物学表达式与物理化学表达式相联系，结果这种联系具有约定的逻辑地位。最后，这也是更为通常的情形，凭借经验假定，生物学词项可以与物理化学词项相联系，以致于生物学词项所指示的无论什么东西产生的充分条件（以及可能，必要条件）可以经由物理化学表达式来阐述。这样，如果用头两种方式中的任何一种都不能使"染色体"这个词项与从物理学和化学的理论词汇中构造出的某个表达式相联系，那么，完全通过从那种词汇中构造出来的一个语句，必定有可能阐述"x 是一个染色体"这种形式的语句的成真条件。

b. 可推导性条件。每个生物学定律，不论是理论定律还是实验定律，都必须可以从属于物理和化学的一个陈述类中推导出来。在这种推导中，前提将包含着从基本学科的理论假定中合适地选择出来的一些假定，包含着可联系性条件所要求的那种表述生物学词项和物理化学词项之间的联系的陈述。一般来说，一些前提将以基本科学的词汇来阐述理论假定得以应用的边界条件或专门化的时空结构。

如在前一章表明的那样，如果可联系性条件得不到满足，则可推导性条件就得不到实现。然而，毫无疑问，对生物学来说，满足可联系性条件的任务远远没有完成。比如说，我们目前不知道活细胞中染色体的详细化学构成。因此我们不能完全以物理化学的词项阐明那些有机部分产生的条件，从而不能以这样的词项阐明应用"染色体"这个词的成真条件。更不用说目前我们不能以物理化学语言来表述这一系统的任何结构，比如细胞核、细胞或组织，而染色体本身是这些东西的一个部分。因此，在目前的生物学知识状况下，要从纯粹物理化学的假定中演绎出整个生物学定律和理论，逻辑上是不可能的。总之，生物学目前还不全是物理学和化学的一个篇章。

因此，有机论生物学家有坚实的理由持有如下观点：对一切生物学现象的机械论说明在当前还是不可能的，而且将仍然是不可能的，直到能够表明生物学的描述词项和理论词项满足生物学还原到物理学和化学的第一个条件——亦即，直到能够完全按照物理化学的词项来指定生物的每个部分或过程的构成，指定他们的各个部分在任意时刻的分布和排列。此外，即使这个条件得以实现，机械论观点的胜利还是不能由此得到保证。因为正如我们已表明的，对于把生物学并入物理学和化学来说，满足可联系性条件只是一个必要的、但一般来说不是充分的要求。虽然可联系性条件或许可能得以实现，但仍然存在一个问题，即是不是一切生物学定律都可以从物理科学当前的理论假定中演绎出来。对于这个问题的回答可能是否定的，因为物理化学理论在其目前的形式上，可能还不是十分有力，从而允许各种生物学定律的推导——即使这些生物学定律只包含与属于基本学科的表达式恰当联系的词项。也应该注意到，即使生物学还原的两个形式条件都得到满足，但这个还原也许只有一点科学意义（如果有的话），因为一些先前称作"非形式"条件的东西可能不会合适地得到实现。

另一方面，迄今为止引用的事实和考察过的论证并不保证这一结论，即生物学*原则上*不可还原到物理科学。这个还原所面临的任务被公认是一个最困难的任务；它无疑给许多学者留下了这样一个印象：这个任务如果不是根本上无希望的，则至少目前也是不值得追求的。然而，还没有显示出与这个推测有任何逻辑矛盾，那就是：有朝一日这个生物学还原的形式条件和非形式条件都可以得到实现。因此，生物学是否可以还原到物理化学是一个未决问题，这个问题不能通过先验论证来解决，只有通过进一步的实验研究和逻辑研究，才能对它提供一个回答，我

们便以这个结论来终止这一部分的讨论。

3. 接着让我们转到对生物学固有的"自主性"的论证，这个论证立足于生命系统是有层次地组织起来的事实。如我们看到的，这个论证的要点是，在这样一个层次性结构的较高层次上产生的性质和行为方式，一般来说不能被解释为那些属于一个有机体的较低的结构层次、且可以孤立起来的部分所显示的性质和行为的结果。

可以按照它们各自在各种类型的层次结构（如早先提到的本质上是空间的层次结构）中的所在，来划分生命有机体可以分析成为的那些部分和过程，这个论点在生物学家当中没有引起严重争论。在如下这个论点上同样也没有分歧，那就是：在有机体的层次结构的一个层次上的部分通常所显示的关系和活动的形式，并不为属于另一个层次的部分所显示。因此，猫可以蹑手蹑脚地走近，抓住老鼠，虽然猫的心脏的跳动是这些活动的一个必要条件，但猫的心脏却不能完成这些技能。又，通过收缩和扩张肌肉组织，猫的心脏可以灌注血液，虽然任何单一的组织都不能维持血液循环，组织也不能通过分裂分开，即使构成它的细胞可能具有这个性质。这些例子足以确立起这一主张：在一个层次组织系统的高层次上出现的行为方式，不是只通过列举该系统的每一个低层次的部分和过程——作为孤立的、不相干的元素的聚集——就能加以说明。有机论生物学家并不否认，在一个具有层次结构的生命有机体中，高层次特性的出现取决于以确定的方式相联系的各个部分在该等级结构的不同层次上的出现。但他们确实否认——而且具有明显充分的理由——那些表述一个有机体的组成部分所显示的特性的陈述，当这些组成部分不是一个实际的生命有机体的部分时，能够合适地说明把这些组成部分——作为以复杂的方式与一个具有层次结构的整体

中的其他要素联系起来的部分——包括进来的生命系统的行为。

但这些公认的事实证实了机械论说明对于生物学题材是不可能的或不合适的论点吗？应该指出，物理学和化学的题材同样显示了各种形式的层次性组织，而不唯独生物学的题材才有这种组织。当前的物质理论假设原子是电荷构成的结构，分子是原子的组织，固体和液体是分子的复杂系统。此外，可得到的证据表明，在这个层次结构的不同层次上的元素显示了它们的组成部分不总是具有的性质。可是，这些事实并不妨碍为更基本的物理粒子和过程建立综合性的理论，按照这些理论，已经能够说明那些具有更复杂的组织的对象所显示的一些(若不是一切)物理化学性质。的确我们目前还没有一个综合性的统一理论，它有能力说明在各个组织层次上产生的甚至纯粹的物理化学现象的总体。最终能否获得这样一个理论一定还是一个未决问题。与此有关，还要指出，生物有机体是"开放系统"，绝不处于"真正的平衡"状态，因为它们继续与环境交换物质成分，而不仅仅是与之交换能量。[1] 在这点上，生命有机体不像当前的物理科学中通常研究的"封闭系统"。实际上，对于开放系统中的生物化学过程来说，一个合适的理论——比如，一个有能力处理处于非平衡状态以及平衡态之系统的热力学——目前只是处于发展的早期。不过，借助于那些按照相对简单的理论之间的关系来表达的理论，我们现在能够说明相当复杂的系统的一些特征，如按照量子理论说明固体的比热，或者按照混合物的热力学说明化合物的相变。这种情况必定使我们暂停接受这一结论：生命系统的层次性组织本身阻止对其特性进行机械论说明。

① 贝塔朗菲：《生命问题》，第4章。

可是，让我们更详细地考察有机论在这个问题上的一些论证。其中的一个论证已由J·H·伍杰有说服力地阐明，他对有机论概念的详细的、和谐的分析是对生物学哲学的重要贡献。伍杰认为，区分化学实体和化学概念具有本质的意义；他相信，如果记住了这一区分，那么，假设一个东西能够完全按照化学概念来令人满意地描述就不再是合理的了，因为这个东西被认为是由化学实体构成的。伍杰声称："一块铁是一个化学实体，'铁'这个概念代表一个化学概念。但假设这块铁具有一把火钳或一把锁的形式，那么，虽然仍然可以按照像从前一样的方式在化学上分析它，但按照化学概念就不能充分描述它了。现在有了一个在化学层次之上的组织。"[1]

现在，无疑有许多铁火钳或铁锁所付诸的用处，它们不是或绝对不可能用纯粹的物理化学术语来描述。一块铁有铁火钳或铁锁的形式，这一事实妨碍完全以物理化学的术语来说明它的一系列性质和行为方式吗？火钳的刚度、抗张强度或热学性质，或者锁的机制和耐久质量，一定可以用物理化学术语来阐明——尽管用一个微观物理理论来说明所有这些特性可能很不必要或很不方便。因此，单是一块铁具有一定的形式这一事实，并不排除这一可能性，即能够对它作为一个有组织的对象而显示出来的某些特征进行物理化学说明。

一些有机论生物学家认为，即使我们能够精细地描述一个受精卵的物理化学构成，我们还是不能从机械论的角度说明这个受精卵正常分裂的事实。比如，按照E·S·罗素的观点，我们

① J·H·伍杰：《生物学原理》，第263页。他继续说："在一个有机体就是我们经由感觉意识到的东西的意义上，一个有机体同样是一个物理实体，在对它能够进行化学分析、正如在对任何其他的物理实体也能够进行化学分析的意义上，它是一个化学实体，但由此并未推出可以用化学术语完全且令人满意地描述它。"

或许能按照规定的假设阐述分裂的物理化学条件,但我们可能无法"说明发育发生的过程"。[1]

这个主张提出了先前联系着结构和功能的区分讨论过的一些问题。但除了这些问题之外,这个主张看来立足于一个误解(如果不是一种混淆的话)。可以中肯地认为,关于一个生物有机体的物理化学构成的知识不足以从机械论的角度说明它的活动方式——需要比列举钟的各个部分和描述它们的空间分布和排列更多的东西,才足以说明或预言这个计时器的行为。为了作出这样一个说明,我们也必须采取某个理论或某组定律(在钟的情形中,采取力学理论),这些理论或定律阐述某些元素在某个初始分布和排列中出现时的行为方式,它们允许计算(因而预言)由那些元素构成的有组织的系统随后的发展。此外,可以设想,尽管在某个特定的科学知识阶段,我们具有充分详细地描述一个生物之物理化学构成的能力,但我们或许不能从现今确立起来的物理化学理论中推导出该有机体的发展历程。总之,可以设想,在一给定时刻,一门科学可以还原到另一门科学的第一个但不是第二个形式性条件得到满足。可是,认为在自然科学中,一个经过充分整理的说明可以只由那些表述初始条件和边界条件的例示性前提组成,而不包括定律陈述或理论陈述,这就是一个误解了。声称由于某一个(或某类)物理化学理论不能说明一定的生命现象,因而原则上无法构造和确立能够进行这种说明的机械论理论,那就大错特错了。

另一方面,低估生物学中机械论纲领所面临之任务的艰巨性也是很愚蠢的,因为生物的层次性组织极其错综复杂。我们也不应该把有机论生物学家对那些似乎漠视层次性组织这一事

---

[1] 罗素:《发展和遗传的解释》,第 186 页。

实的机械论论点的抗议都斥之为无意义的。正如一切流派的生物学家已经常注意到的那样，不存在那种像“铜物质”一样均匀且在结构上没有分化的“生命物质”的东西。不过也有一些机械论者，在他们对生物学方法的陈述中（如果说不是在他们作为生物学研究者的实践中），实际上已作出相反的论断。因此值得强调的是，他们的研究题材已迫使他们认识到，在生物中不是仅有一种单一的层次组织，而是有好几种，在有机体发展过程的分析中，一个中心的问题便是发现这些层次结构之间精确的相互关系。

最经常引用的层次结构是由空间包容关系产生的，如在细胞的部分，细胞、器官、有机体的情形中。可是，按照区分一个层次结构的各个“层次”的任何合理标准，证明在绝大多数有机体中也有一些躯体的部分（如血浆）无法适合这个标准。进一步，有一些类型的层次组织基本上不是空间的。因而，存在着一种以细胞作为元素的“分裂层次性”，它是由一个受精卵及其细胞后裔的分裂产生的。生物学家也认识到“过程的层次性”：由肌肉中的物理化学过程、该肌肉的收缩、一个肌肉系统的反应、以及作为整体的动物有机体的反应构成的层次性；还可以列举其他类型的层次性。不管怎样，应该注意到，在胚胎发展中，空间层次性发生了变化，由于在这个过程中，新的空间部分从简单变得复杂。可以这样来表示这个事实：当在不同的时间比较一个胚胎的分裂层次性时，它在晚期的空间层次性包含着在早期并不存在的元素。因此，当声称生物学研究主要关系到确立生物体中各种层次结构之间的相互依赖关系时，有机论生物学家显然是对的。[①]

---

① 参见以上所引伍杰的著作，以及他的《生物学中的公理方法》，剑桥，1937年；也见贝塔朗菲：《生命问题》，第2章。

可是，为了以一般的术语评价有机论对生物学机械论之批评中的一个成分，让我们现在简要地阐述一个层次性组织(不必然是一个空间层次结构)的框架形式。设 S 是某个生物系统，它可以被分析成为三个主要成分 A、B 和 C，以至于可以把 S 设想为关系复合 $R(A、B、C)$，这里 R 是某一关系。进一步假设接着可以把每个主要成分各自分析成为次要成分(a_1、a_2、$\cdots a_i$)，(b_1、b_2、$\cdots b_j$)和(c_1、c_2、$\cdots c_k$)，以致于可以把 S 的主要成分表达为关系复合 $R_A(a_1、a_2、\cdots a_i)$，$R_B(b_1、b_2、\cdots b_j)$和 $R_C(c_1、c_2、\cdots c_k)$。各个 a、b、c 还可以进一步分析，但为了简单起见，我们假设 S 的层次性组织只有两个层次。我们也规定，一些 a(类似地，一些 b 和 c)相互间处于各种特殊的关系之中，这些关系服从这一条件，即它们都通过 R_A 与成分 A 相联系(对各个 b 和各个 c，有类似的条件)。此外，我们假定，一些 a 可以与一些 b 和一些 c 处于某些其他的特殊关系中，这些关系服从这一条件，即复合体 A，B 和 C 通过 R 相互联系而构成 S。如果 S 是这样一个层次结构，那么，研究 S 的一个目的就是要发现它的各个构成要素，并确定把这些构成要素与 S，与在同样层次或不同层次上的构成要素联系起来的关系中存在的规律性。

追求这个目的一般来说需要解决许多严重困难，比如，为了发现 A 的出现究竟对看作整体的 S 所显示的特性作出什么贡献，就有必要证实 S 在 A 缺乏时会怎么样，证实当 A 不是 S 的一个组成部分时其行为表现如何。在试图孤立和鉴定这样的因果影响时，可能会碰到一些重大的实验问题。但除了这些问题之外，在某一点上必须面对的根本问题是，当把 A 放进一个与 S 本身提供的环境在各方面都不相同的环境中时，对 A 的研究是否还能得出当 A 作为 S 的一个现实成分出现时关于其行为的恰当信息呢？可是，假设我们具有一个关于 A 的成分 a 的理论 T，

以致当各个 a 出现于环境 E 时，如果它们被假设处于关系 R_A，则就有可能借助于 T 表明，在那个环境中究竟是什么特性表征了 A。按此假定，可能没有必要对从 S 中孤离出来的 A 进行实验。不过上述那个关键问题仍然没有得到解决，除非不仅当各个 a 在某个人为的环境 E 中处于关系 R_A，而且在一个特定的环境（这个环境包括 R_B、R_C 和 R 共同组织起来的一切 b 和 c）中，它们也处于关系 R_A 时，理论 T 允许这些要待引出的结论。如果没有这样一个理论，情况一般来说就是这样的了：确定 A 在 S 中究竟起什么作用的唯一方式，便是研究作为关系复合 $R(A$、B、$C)$ 中的一个现实成分的 A。

因而，在强调这个一般原则上，有机论生物学家是对的，这个原则就是："需要在所有层次上来分析具有比如说我们在有机体中发现的那种层次结构组织的实体，一个层次的分析不能代替对这个层次结构中更高的层次进行分析的必要性。"[①] 另一方面，这个原则并不保证不能对生命现象进行机械论说明。虽然有机论生物学家有时似乎相信它保证了这一点。尤其是，如果以上型式中的各个 a、b、c 都是物理学和化学的亚微观实体，S 是一个生物有机体，T 是一个物理化学理论，那么，可以按照 T 的基本概念指定关系复合 A、B、C 和 S 出现的条件，进一步，可以从 T 中推导出关于 A、B、C 和 S 之行为的定律，这不是不可能的。但是，正如前一章已论证的那样，一门科学（如生物学）事实上能否还原到某个基本科学（如物理化学），取决于在提出这个问题时该基本科学中所采用的特殊理论的特征。

4. 最后，我们必须回到有机论生物学家对生命现象的机械论说明持否定态度的主要理由，这就是，生物的所谓"有机统一

① 伍杰：《生物学原理》，第 316 页。

性”,以及随之而来把生物整体分析为互不依赖的部分之“总和”的不可能性。这个理由是否有价值,明显地取决于把什么意义赋予“有机统一性”和“总和”这两个关键的表达式。有机论生物学家几乎没有做什么工作来澄清这两个术语的意义,但至少部分的澄清在本书的前一章和本章已被尝试。按照早先的讨论,可以相对简洁地处理现在考察的问题。

让我们假设,如同有机论生物学家假设的那样,在如下这个意义上一个生物具有一种“有机统一性”,即它是一个显示部分和过程的层次性组织的目的论系统,这样各部分相互间处于复杂的因果相互依赖关系中。又假设物理学和化学的粒子和过程构成这个层次系统的最低层次上的元素,T是当前的物理化学理论体系。最后,让我们把“一个生命有机体不是它的物理化学部分的总和”这个陈述中的“总和”这个词,与前一章中区分出来的这个词的“可还原性”含义联系起来。那么,可以把这个陈述理解为断言:甚至当提供了合适的物理化学初始条件和边界条件时,也不可能从T中推出那被公认为属于生物学领域的有关定律和其他陈述。

受一个重要保留的支配,当以这种方式来解释这个陈述时,它可能完全是真的,或许还表达了研究生命现象的绝大多数学者的意见——不管他们是不是有机论生物学家。虽然在许多情形中,生物过程的物理化学条件已被确定,但这一陈述仍被广泛持有。因此,海胆的没有经过受精的卵通常不发展成为胚胎。然而,实验已经表明,如果先把这样的卵放入添加了一定醋酸的海水中浸泡约两分钟,然后再把它们迁移到正常海水中,这些卵便开始分裂,发展成为幼体。然而,虽然这个事实一定算得上是支持生物过程的物理化学特征的感人证据,但迄今还没有用物理化学的术语对之给予充分的说明——在“说明”这个词的严格

意义上。因为还没有谁表明，海胆在指定条件下能够进行人工的单性繁殖这一陈述，可以从纯粹的物理化学假定中演绎出来。因此，如果有机论生物学家只是作出这一事实主张，即还没有哪一个具有生物之有机统一性的系统已被证明是它们的物理化学要素的总和(在可还原的意义上)，那么，这个主张无疑具有充分的根据。

另一方面，在我们现行的知识状况下，不应该有理由对海胆卵的人工单性繁殖的有关事实不能从T中推导出来表示惊奇。这种推导是不可能的，但愿只是因为进行这种推导的基本的逻辑要求还没有得到满足。没有哪一个理论能够说明任何具体给定的系统的操作，除非能够以一种符合该理论所采用的专门概念的方式，来阐述该理论的应用所需要的一套完备的初始条件和边界条件。例如，仅从静电学的基本方程中是不可能推导出一个既定的绝缘导体上的电荷分布的。必须以一种由该理论的特征所规定的方式，来提供另外的例示信息——在这个例子中，例示信息涉及到导体的形状和尺寸，该导体附近的电荷量及电荷分布，以及导体所在的介质的介电常数值。在海胆卵的情形中，虽然大概知道未受精的卵发展成为胚胎的环境的物理化学构成，但还不知道卵本身的物理化学构成，因而也不能对其进行表达，以便把它包含在T的应用所必不可少的例示条件中。更一般地说，我们目前还不知道任何生命有机体的详细的物理化学构成，也不知道在其层次组织的最低层次上，元素之间可能进行作用的力。因而我们目前还不能完全以物理化学术语来阐述把T应用于生命现象所必须的初始条件和边界条件。只要我们不能做到这一点，我们原则上就不能从机械论的理论中推导出生物学定律。因此，一个有机体不是其物理化学部分的总和，虽然这可能确实是真的，但可得到的证据对这个宣言的真假无置

可否。

虽然刚才强调的这一点是基本的，但有机论生物学家似乎经常否认它。他们有时力辩说，当机械论说明对于那些从作为整体的有机体中“抽象”(或孤立)出来进行研究的有机部分的特性或许是可能的时，对于作为一个生物的现实成分、且在相互依赖中共同起着作用的部分来说，机械论说明则是不可能的。但这个主张忽视了一个关键的事实，即：当有机部分在体外存在时，对他们所显示的特性进行机械论说明所需要的初始条件，一般来说不足以在机械论上来说明它们在一个生命有机体中的联合功能。因为明显的是，当把一个部分从有机体的其余部分中孤离出来时，它便被放置在一个往往与其正常环境不同的环境中，在其正常的环境中，它是与该有机体的其他部分处于相互依赖关系之中的。由此推出，使用一个既定的理论来说明一个孤立部分的行为所需的初始条件，也将不同于使用那个理论来说明在正常环境中的行为所需要的初始条件。因此，在对处于自然处所中的有机部分的功能活动进行机械论说明时，虽然指定这种说明所必须的例示条件超出了我们目前的或将来的实际能力，但是，就这种情况的逻辑来说，没有什么东西把机械论说明原则上限制到处于体外的有机部分的行为。

必须添加一个最终的评注。区分两个问题是很重要的，一个问题是：对生命现象的机械论说明是否可能；另一个与此相关但又极为不同的问题是：在实验室中，是否可以有效地从非生命材料合成生命有机体。许多生物学家似乎怀疑第一个可能性，因为他们对第二个可能性也有所怀疑。但事实上，这两个问题在逻辑上是相互独立的。尤其是，虽然人工制造有机体可能绝不会成为现实，但并未由此得出不能在机械论上来说明生命现象的结论。只要看一下物理科学的成就，就足以证实这个看法。

我们没有能力制造星云或太阳系，尽管我们的确具有物理科学理论，按照这些理论，还算能够理解星云和星系。此外，当现代物理科学按照原子的电子结构，为化学元素的性质提供了充分的说明时，却没有使人非相信不可的理由认为，比如说，人们有朝一日能够制造氢原子——通过把这种物质的亚原子成分人为地结合在一起。另一方面，在人们能对各种人造物的特性进行合适说明很久以前，人类就具备了种种技能（如建筑房屋、制造合金、准备食物）。

不过，有机论生物学家往往发展他们对生物学中机械论纲领的批评，好像这个纲领的实现便等于获得了对生物进行分解，然后公然从其被割裂的互不相干的部分中重新构成原来的有机体的技术。然而，获得生命现象的机械论说明的条件迥然不同于对生命有机体的人工制造的要求。前一个任务依赖于构建事实上得到保证的关于物理化学实体的理论；后一个任务取决于能否得到合适的物理化学材料，取决于创造有效的技术来合成和控制这些材料。除了借助于机械论的生命过程理论外，要在实验室中合成生命有机体也许是不可能的；在缺乏生命过程的机械论理论时，人工制造生物，如果能得以实现的话，可能只是一个侥幸但不大可能的意外事故的结果。不管怎样，实现这两个显著不同的任务的条件不是等同的，每一个都有可能有朝一日得以实现，但另一个却未必实现。因此，按照这两者的条件确实相符的推测，对生物学中机械论说明之可能性的否定，并不是一个通过恰当推理得出的论点。

这个讨论的主要结论是：有机论生物学家还没有证实生物学的绝对自主性、或者对生物现象进行物理化学说明的内在不可能性。不过，他们对生物的层次组织的强调，对有机部分的相互依赖性的强调，并非无的放矢。因为虽然有机论生物学还未

令人信服地保证它的一切主张，但它已经论证了一个重要之处，即对生命现象的机械论说明的追求，不是对生命过程进行有价值的、富有成效的研究的一个绝对必要的条件。如果说没有理由因为某个物理学理论（如现代量子理论）不可还原到另一个物理学分支（如经典力学）就抛弃它，那么，更没有理由因为一个生物学理论（如基因遗传理论）不是一个机械论理论（在我们一直采用的“机械论”的意义上）就拒斥它。一个明智的研究策略实际上可能要求，对于一个特定的学科来说，至少在它的某一个发展时期，应该把它培养成为一个相对独立的科学分支，而不是培养成为某个其他学科的附庸，即使后者的理论比前者的说明原理更广泛，并且得到了更好的证实。有机论生物学对与生物学中的机械论立场经常联系在一起的教条主义的反对是有益于健康的。

但有机论对那种教条主义的批评也有一个对立面。有机论生物学家有时这样写道，好像对生命过程的任何这样的分析——即把它们分析成为一个生物的可以区分的部分的操作——都得出对这些过程的一个严重歪曲的观点。例如，罗素认为，在把一个有机体的活动分析成为基本的过程时，“有些东西丢失掉了，因为整体的行动有一定的统一性和完备性，而在这一分析过程中，并没有考虑这样的性质。”[①] 类似地，J·S·霍尔丹声称，我们不能把数学推理应用于生命过程，由于数学处理假设事件在空间中的可分裂性，但这种可分裂性“对于生命来说并不存在。当我们在处理生命时，我们是在处理一个不可分割的整体”。[②] H·威尔顿·卡尔，一位认同有机论观点，且作为对它的一

---

① E·S·罗素：《发展和遗传的解释》，第171页。

② J·S·霍尔丹：《生物学的哲学基础》，伦敦，1931年，第14页。

个阐释者进行写作的专业哲学家宣称："生命是一个个体；它只存在于生命的存在之中，而每个生命的存在是不可分割的，是一个不由部分构成的整体。"[1]

这些宣言显示了一个知识倾向，犹如毫不妥协的机械论者的教条主义对生物学研究的发展是一个障碍一样，这种知识倾向也是一个障碍。在生物学中，如在其他的科学分支中一样，只有通过分析或通过使用所谓的"抽象方法"——通过关注于事物具有的一组有限性质，并且忽视（至少暂时忽视）其他性质，通过分析在受控条件下为了研究而选择的特性——方能获得知识。有机论生物学家也正是由此入手的，不管他们会说些什么，因为对于这种方法别无有效的选择。例如，J·S·霍尔丹正式宣告生物的"不可分割的统一性"，但他对呼吸和血液化学的研究，并不是通过把身体考虑为一个不可分割的整体来处理的。他的研究包含着对身体的一个部分的行为（如肺所吸入的二氧化碳含量）和另一个部分的行为（如红细胞的化学活动）之关系的考察。像每一个致力于发展知识的其他人一样，有机论生物学家在其研究程序上必须是抽象的、分析的。他们必须在经过选择的、且往往是人为制订的条件下来研究生物有机体的各个抽象地加以考虑的部分。违背了这一准则，便会把在字面上点缀着"整体性"、"统一性"、"不可分割的统一性"之类话语的毫无启发价值的陈述误认为是真正知识的表示。

① 转引自 L·福格本：《生命物质的本质》，伦敦，1930年，第226页。

第十三章　社会科学的方法论问题

对形成社会制度的人类社会和人类行为的研究很久就被培植起来，这几乎与对物理现象和生物现象的研究一样悠久漫长。可是，无论是在过去还是现在，从这种研究中涌现出来的大量"社会理论"，不过是社会哲学和道德哲学，而不是"社会科学"。在很大程度上，它们是由对"人性"的普遍反思、对各种社会制度的辩护或批判，或者对文明兴衰的各个阶段的勾划所构成的。虽然这种讨论往往也包含着对各种社会建制在人类系统中的功能的敏锐洞察，但它们难得说是以对有关实际社会运转的详细经验资料的系统考察为基础的。如果要在根本上提到这种资料，则它们基本上是些趣闻轶事，其功能在于例证而不是批判性地检验某一普遍结论。尽管对社会现象的实际兴趣已有一个漫长的历史，但在实验上产生，在方法论上收集对有关社会现象进行评判的信念，相对来说则是近来的事。

但无论如何，没有任何社会研究领域已确立起普遍的规律体系，这些规律无论是在说明能力的范围上，还是在产生精确可靠的预言能力上，都可以与自然科学中的著名理论相提并论。当然，在给人以深刻印象的自然科学的理论成就的鼓舞下，综合性的"社会物理学"体系已被三番五次地构造出来，其目的在于说明在人类的历史长河中出现的形形色色的建制结构和整体变化，事实的确如此。然而这些雄心勃勃的构造却是如下这个让人怀疑是合适的概念的产物，即究竟是什么构成可靠的科学方

法，而且，尽管这些科学方法中的一些仍然有其追随者，但其中没有一个经受得住严格审查。[①] 许多卓有能耐的学者今日并不相信，能够在不远的将来获得一个在经验上得到担保的理论，这一理论能够按照一组单一的统一假定来说明一切社会现象。不仅如此，许多社会科学家都不约而同地持有这一看法：甚至对于那些只旨在于系统地说明范围极其有限的社会现象的理论来说，时机并不成熟。事实上，当这些具有有限范围的理论建设已被尝试时，如同在经济学中或者在小规模的社会流动性的研究中那样，这些理论建设的经验价值被认为是一个仍有待解决的问题。在很大程度上，在当前的许多经验社会研究中心之内，有待分析的问题公认涉及到那些范围适中但往往印象不深的问题。

人们也普遍承认，在社会科学中，不像在自然科学中那样，存在着那种在某些问题上在能干的工作者中几乎可以达到完全一致的东西，这些问题譬如说有：什么是确立起来的事实题材，什么是对假设事实的合理地令人满意的说明（若有的话），什么是可靠研究中的一些有效程序。在这些问题上的分歧无疑在自然科学中也会产生。但通常只是在知识发展的前沿，这种分歧才会出现；而且，除了那些与道德承诺或宗教承诺密切相关的领域外，在其他的领域中，一旦获得了另外的证据，或者一旦发展出经过改进的分析技术，这种分歧就会迅速消失。相比之下，社会科学却经常产生这一现象，即社会科学是那些进行无休无止的交锋的思想流派的战场，甚至于那些属于战线拉

---

① 许多这样的体系是"单因子"理论或"关键原因"理论。它们验明某一个变量，譬如地理环境、生物天资、经济结构或宗教信仰，但也附带提及一些借以理解社会制度组织和社会发展的其他因素。

长的强化研究的论题，也依然处于没有得到解决的研究领域。不管怎样，在社会研究的逻辑中，对于那些隐含在上述问题中的中心问题，社会科学家仍然各抒己见，众说纷纭，这个事实已广为人知。尤其是在那些公开表白的科学目的上，在两派学者之间仍然存在着长期的分歧，这里，一派学者把自然科学的说明体系和逻辑方法视为社会研究须竭力效法的模型，另一派学者则认为，社会科学要寻求具有如下特点的说明理论，那在根本上是不合适的，因为这些理论采用了离熟悉的经验相去甚远的"抽象"区分，并且要求可以为公众存取(即"主体间"有效)的支持证据。

简言之，社会科学现今还不具有在大多数专业学者看来是合适的那种综合性说明体系，相反，它们以在方法论问题以及在实质问题上的分歧为特征。因此，把任何现存的社会研究学科列为"真正的科学"，这是否合乎时宜已多次受到挑战，共同的缘由在于，虽然这种研究已经贡献出关于社会问题的大量可靠信息，但这些贡献基本上是对处于一定历史情景中的人类群体的一些专门的社会事实的描述性研究，它们并未提供关于社会现象的严格普遍规律。适当地讨论以这种方式形成的问题简直无利可图，尤其是因为对于一门真正的科学来说，在大多数挑战中共同对它提出的要求，导致了一个不能给人以启发的结果——除了一些物理研究的分支之外，显然没有什么及得上这样的称呼。但无论如何，从目前的目的来看，注意到如下这点就足够了，这就是，虽然对局部化的社会事实的描述性研究是大多数社会研究的标志，但这一声明并没有合适地总结它的成就。因为对人类行为的探究(由于不断地借助于近年来迅速发展起来的定量分析技术)也已阐明各种社会过程的要素之间的一些依赖关系；并且这些探究因此已提供了一些说明

社会生活的许多特点,以及构造通常有效的社会政策的普遍化的假定,这些假定多多少少有些坚固的基础。的确,由于当前的社会研究而获得的有关社会现象的规律或概括,与物理科学中通常引用的绝大多数定律相比,在应用范围上更受限制,在表述上更不精确,而且,只有当用大量隐含的约束和例外对它们加以界定时,它们才可以被接受为实际上是可靠的。但在这些方面,社会研究的概括似乎并不迥然相异于在一些领域(这些领域往往被看作是无疑值得尊敬的自然科学的分支,比如,气象学中的湍流现象研究,以及胚胎学)中当前发展起来的概括。

重要的任务确实是在根本的方法论问题上,在社会科学中的说明结构上获得某种清晰性,而不在于授与或拒绝尊称。但在试图获得这种清晰性上却遇到一个困难,这个困难也许算得上是社会科学的特征。关于在这些学科中流行的分歧,已经说得够多的了,这些分歧表明,几乎任何选作逻辑分析的社会研究产物,都冒着被许多专业学者判定为不代表其领域中的重要成就的危险,即使具有类似专业能力的其他学者会不同地判定这一问题。而且,经过挑选的材料在分析时所提出的问题,以及分析本身,都面临着这种危险,即它们要不是被谴责为与社会研究的重要逻辑问题无关,就是被指责为显示了对某个特定的社会思想流派的狭隘的党派偏见。但尽管有这些危险,考察在社会科学方法论的讨论中不断产生的问题,却正是本章和以下几章的目的。本章将首先考虑各种困难,这些困难据认为是由社会研究的专门题材所引起的,而且往往被看作是建立有关社会现象之普遍规律的严重障碍(如果说不是致命障碍的话)。然后下一章将讨论这一问题:社会科学中的说明是否在形式上以及在实质性内容上都不同于其他研究部门中的说明;或然性说明的

一些特点，与迄今给予它们的处理相比，将得到更加充分的关注。最后一章将处理历史知识问题，讨论或然性模式的一些更进一步的方面，以及考察发生学说明的结构。[①]

一、受控研究的形式

许多研究社会现象的学者假设理论社会科学的首要目的是建立普遍规律，且这种规律能够充当系统说明和可靠预言的工具，在此基础上，他们试图说明各自的领域中的数量相对少的可靠规律。我们将考察一些已被提出的前提。这些要待讨论的前提能使人们注意到社会科学所面临的困难，这要么是因为所研究的社会题材固有的某些公认的突出特点，要么是因为如下事实的某些假定推论，即社会研究本身是它自己的研究题材的一个部分。这些困难一般来说并非互不相关，因此它们提出的问题并非总是截然相异。分别列举和考察问题不过是为了方便起见。

也许提得最多的困难的来源，是在社会研究题材上进行受控实验的可能性极为狭小。当把“受控实验”这一术语与一个严格的意义联系起来时，让我们首先在这一困难所得到的形式上来阐述它。在一个受控实验中，实验者能够随意处理（即使只是在其限制之内）某一情景中的某些特点（一般称之为“变量”或“因子”），这些特点据认为构成所研究的现象产生的相关条件，这样通过重复地改变其中的一些特点（在理想情形下，只改变一个），而使其他特点保持不变，观察者就能研究这些变化对该现象的影响，从而发现在现象和变量之间恒定的依赖关系。受控

① 或然性说明和发生学说明在本书第2章中得到识别和例证，前者并在第10章中得到简要讨论。

实验因此不仅涉及到在能够可靠地加以鉴定并使之与其他变量区分开来的那些变量上的指向性变化，而且涉及到再现这些变化对研究中的现象所施加的影响。

然而，在这个严格意义上的实验难得在社会科学中得到履行，它也许绝不会与涉及到几代人和大量人的参与的任何现象发生联系。因为社会科学家通常不具有在实验上对具有科学旨趣的大多数社会题材进行预定修正的能力。而且，即使他们具有这种能力，即使道德顾虑并不妨碍人们受制于各种变化——这些变化对人类生活具有无法预言但可能有害的影响，但这样仍会产生两个有关他们可能实施的实验的重要问题。出于实验的目的而行使修改社会条件的能力，这本身显然是一个社会变量。因此，如果那一能力的使用在一个未知的程度上影响了实验结果，那么，行使这一能力的方式便严肃地构成了一个实验的认知意义。进一步，由于引入一个社会状况的既定社会变化，会产生（且通常的确产生）在相关变量上的一个不可逆的变化，这样，为了确定它的观测效应是否保持恒定而进行的重复变化，便是在每个重复试验中并不处于同一初始条件下的活动变量。因此，由于在这种效应中观察到的恒定或差异，是否要被归咎于变量的初始状态上的差异，或者归咎于该实验的其他情形上的差异，这可能是不确定的，这样就不可能通过实验手段确定，社会现象的一个既定变化能否被正确地归咎于在某一变量上的某一既定类型的变化。[①] 除此之外，社会科学中的实验范围由于如下事实而受到

① 这一困难也出现在处理非人题材的科学中。但在这些领域中往往可以通过在每个重复试验中采用一个新样本而克服这一困难，新样本在某些相关方面与初始样本同质。而在社会科学中，这一问题却不能如此容易地得到解决，因为即使可以得到对样本的合适提供，但它们在某些相关特点上却不充分相似。

严格限制,即只有当有可能重复产生所研究的现象的可观测的变化时,才能实施受控实验,但对于那些显然无法重复发生,而且对历史上独一无二的社会现象(譬如现代国家资本主义的兴起,或在新政策期间美国劳工联合组织)来说,这种可能性显然是办不到的。

这些对社会科学中受控实验的有限范围的看法,提出了许多重要问题。但对它们的讨论目前只限于如下两点,其他问题留待以后考察:(1)受控实验是获得得到保证的事实知识,尤其是确立普遍规律所绝对必须的东西吗?(2)在社会科学中实施受控经验方法的可能性,实际上是极其微小的吗?

1. 在其中能够进行受控实验的研究,具有熟悉的不容置否的巨大优点。如果没有系统的实验研究,科学的各个分支(譬如光学、化学或遗传学)能够取得它们目前的发达的理论发展状态那是不可能的。不过,要把这一猜测扩展到其中已确立了综合性说明体系的一切研究领域,则明显是不可靠的。天文学和天体物理学都不是实验科学,即使它们各自都采用了许多潜在地立足于其他学科的实验发现的假定。尽管在18世纪和19世纪期间,在其综合性理论的稳定性上,在其预言的精确性上,天文学都被正确地认为优越于一切其他科学,但它一定不是通过在实验上处理天体而获得这种优越性的。而且,甚至在没有一个地方接近天文学理论水平的研究部门中(比如在地质学,或者在相对晚近的胚胎学中),缺乏进行受控实验的机会,这并不妨碍科学家达到有充分依据的普遍规律。许多科学尽管进行受控实验的机会受到严格限制,但它们已经且继续对普遍化知识的发展作出贡献,这因此是无可争议的。

然而,每一个旨在于获得关于经验题材的可靠的普遍定律

的研究部门，都必须采取这样一个研究程序，这一程序如果不是进行严格受控实验，就是在研究中要有那种具有实验本质的逻辑功能。这一程序（我们将称之为“受控分析”）与进行实验不一样，它既不要求随意再现研究现象，也不要求对变量进行公开处理；但它在其他方面与进行实验很相似。受控分析在于精心搜寻进行对比的场合，在这种场合中，现象要么被一致地显现（不管是以同样方式还是以有所不同的方式），要么在一些情形但不是在另一些情形中被显现，并且，随后必须对在那些场合中鉴别出来的因素进行考察，以确定在这些因素上的变化是否与在该现象上的差异有关——这里这些因素以及该现象的不同显现都被选择来仔细观察，因为它们被认为是相关的。从经验资料在研究中所起的逻辑作用的角度来看，对于在现象上观察到的变化来说，在假定的决定性因素上观察到的变化是否是科学家本人引入的，或者这些变化是“自然而然”地产生的，还是为他所发现的，这都是非实质性的——假若在每种情形中，观察都是在同样的关注下作出的，而且在所有其他有关方面，显示因素上的变化和现象上的变化的事件都是相似的。正是由于这一缘故，实验经常被视为受控分析的极限形式，而有时这两种研究方式甚至不可区分。实际情况正是这样：当不能实施实验时，受控分析更容易得到满足；情况也可能是这样：当实验行得通时，相关的因素极难服从自然发生的变化，但如果要确立普遍规律，又必须得到这些变化。这些评判使我们注意到在研究的处理中那些无疑具有很大的重要性的东西，但它们并未废除受控实验和受控分析在逻辑功能上的同一性。

简而言之，虽然没有实验也有可能取得科学进展，但受控实验（在我们赋予这个术语的狭窄意义上）和受控分析（在刚才指明的意义上）二者必有其一看来是必不可少的。我们将把使用

这两个方法中的无论哪一个方法的研究称为"受控经验研究"。①

2. 因此,进行如下寻问是中肯的,即要么是严格实验方法,要么是与实验一样具有同样逻辑功能的方法,在社会科学中其应用范围是否像通常所描绘的那样接近于子虚乌有呢?这一范围相当狭小的主张,通常取决于我们现在将简要讨论的某些错误观念。

a. 虽然穆勒是19世纪英格兰最早倡议在社会研究中采用自然科学的逻辑方法的人,但他相信旨在于确立普遍定律的实验研究在社会科学中是行不通的。他基本上持有这一观点,因为在他看来,在社会科学中没有应用他的求同法或求异法的希望,这两个方法是他的5种"实验研究方法"中的两种,且在他看来是实验之为实验的规定性特征。按照求同法,要求一个现象的两个实例除了在一方面相似外应在所有其他方面都不相似(由此相似的方面可以被鉴定为该现象的"原因"或"结果");按照求异法,要求这样两个情形,现象在一个情形而不是在另一个情形中出现,除了在一方面之外,它们在所有其他的方面否则都是相似的(这一方面又可以被鉴定为该现象的"原因"或"结果"),穆勒显然认为,理论上有意义的社会实验必须在作为一个整体来考虑的历史上既定的社会形态上实施,这是理所当然的,因为他有充分的理由相信,没有任何两个社会实际上遵从求同

① 注意不要把通常所说的"受控(感件)观察"和上述意义上的受控经验研究混淆起来。观察经常据说是"受控的",如果它们不是任意的,而是被小心地实施,而且是为了解决某个问题,按照有关可靠观察要求的概念制定出来的。在这个意义上的受控观察,对于受控实验和受控分析都是本质的。然而,对于受控经验研究来说,受控观察只是一个必要而不充分的条件。

法或求异法的要求，而且无论怎样费尽心机也不会使它们满足这一要求，因而他否认了进行社会实验的可能性。①

穆勒对实验方法的说明由于低估(如果说他没有忽视的话)如下关键之处而蒙受严重不足，这就是：由于两个情形绝不会在除了一个方面之外的所有方面都要么完全相似，要么完全不相似，故而他的方法仅在某个假定框架内才行得通，这些假定规定一个情形的哪些特点(或方面)算得上是相关的。

但即使穆勒的分析在这点上得到校正，他否认进行社会实验的可能性仍然不是定论，因为他的论点部分地以如下假设为依据，即受控实验(或就此而论，乃至受控分析)要求变化一次只在一个(相关)因素上发生，这是一个共同持有的想法，但它是从事有法定资格的经验分析之条件的一个过分简单化的观点。这个假设实际上阐述了实验方法的理想，它至少可以近似地实现。然而，记住如下这点是明智的，即在一个实验中是否只是一个单"因素"被改变，或者甚至什么算作一个"单"因素，这一问题是取决于构成一个实验基础的先前假定的。甚至在最小心谨慎地工作的实验室中，要完全消除仅仅在一个实验的一种情形上的变化，已实非人的能力所为；这点已得到强调，即那些关于把什么选择为相关变化的假定是隐含在每个研究之中的。进一步，让我们例证在判断一个因素是"单"因素时，必然要涉及到一些专门假定。虽然在许多实验中，改变化学上的纯氧的质量(即它的克数)算得上是在一个单因素上的变化，但在其他的实验中，这就不是指定什么是一个单因素的令人满意的方式了，因为存在着氧的同位素这一假定，只是在第二类实验但不是在第一类实

① 穆勒把他的"具体演绎法"推荐为适合于社会研究的方法。按照这一方法，从某一组理论假定中引出的各个推理是由观察证实的。

验中才是相关的。因为,由于这些同位素包含在化学上纯净的氧的不同质量中的比例不是恒定的,因此改变纯氧的质量就可以有意义地改变这一比例。

不管怎样,在自然科学中有一些研究领域,在这些领域中,要在一个实验中每次改变哪怕是公认相关的"单"因素也是不可能的。比如,在处于热力学平衡的生化系统的实验中,要改变一个系统施加的压力,而又不改变其温度,一般是不可能的。不过有可能确定该系统的这些变量和其他因素之间恒定的依赖关系,确定在这些变量中之一上发生的变化对该系统产生的影响。而且,现代统计分析已相当普遍,从而使我们能够处理许多其中变量并非一次改变一个的情形,乃至这样的情形——有关这些情形的理论远没有物理学理论发达,或者对此唯一可得到的是受控分析技术,而不是严格的实验技术。比如,一块玉米地的收成既受温度变化也受雨量变化的影响,虽然这些因素不可能独立变化。不过,对它们同时变化的资料所进行的统计分析,使我们能把雨量对收成的影响与温度的影响隔离开来。[1] 简言之,每次改变一个因素这一指令,代表受控研究的一个经常渴望得到但并非普遍必须的条件。

b. 因此,对社会现象进行受控经验研究的天地比这种研究的本质导致人们假设的那种狭窄的想法,原则上要广阔得多。现在让我们浏览一下受控经验研究在社会科学中实际出现的主要形式。

ⅰ. 尽管在社会科学中,严格意义上的实验行不通的主张流传甚广,但在社会科学中,事实上仍然采用几种类型的实验。

---

① 这种分析在本章的后面将得到进一步的关注。

其中之一是实验室实验,它在本质上与自然科学中的实验室实验没有两样。这种实验在于构造一个人工情形,它在某些方面类似于社会生活中的"真实"情形,但就其中那些被认为与一个社会现象产生有关的一些变量能够在实验室中得到处理,而其他相关变量能近似地保持不变而论,这种人工情形遵从通常并不为真实情形所满足的要求。比如,设计一个实验室实验来判定投票者对政府部门职能人员候选者的宗教归宿的了解是否影响其投票。由于这一目的,产生了一些俱乐部,其成员被仔细地挑选出来,以使他们之中没有谁对此有所了解;然后要求每个俱乐部推选它自己的一个成员到一个政府部门,有关成员之宗教归宿的信息被提供给半数的俱乐部,但不给予其他俱乐部。选举结果表明,得到这种信息的大多数成员受这一信息的影响。

在许多社会研究领域,实验室实验之采用与日俱增。但显然一大类社会现象不适宜于这种实验研究。而且,甚至当能以这种方式分析社会现象时,要在一个实验室中产生那种在规模上能与有时发生于天然社会情形中的变量变化相比拟的变化,一般是不可能的。比如,在参与实验室投票的受试中,很难激起通常由于政治选举中的争端而引起的极其重要的政治嗅觉。由于实验室情景是"不真实的",因此它的研究不能为说明"真实"生活中的社会行为带来一线光芒,但这一观点是对实验室实验的一个误人歧途的批评。相反,许多实验室实验一直在给人以启迪;例如,当儿童从事游戏活动的条件被改变时,已经做了一些实验来分析儿童的行为。但对于完全以实验室实验为依据的任何有关社会现象的概括,如果不作进一步的探究,都不能认为它在天然社会环境中有效,这却是一个可靠的观察。

ii. 第二种类型的实验是所谓的"实地实验"。在这种实验中,实验对象不是人工产生的微社会系统,而是某个自然的虽然

有限的社会团体，在这种社会团体中，能够处理某些变量，以便可以通过重复试验来确定，那些变量上的既定变化是否在某个社会现象上产生一定差异。比如，在这样一个实地实验中，使某一工厂中工人小组被组织起来的方式发生变化，由此在研究中规定各种组织类型。结果表明，那些引进更“民主”的组织方式的小组，最终要比不那么民主地组织起来的小组有更强的生产能力。

实地实验比在实验室中进行的实验有一些明显的优点，但同样清楚的是，在实地实验中，使相关变量保持不变的困难一般来说更大。而且，由于明显的理由，进行实地实验的机会迄今是相对贫乏的；实际上，所实施的大多数实地实验是联系着那些只具有狭窄兴趣的问题进行的。

ⅲ．但在社会科学中，大量受控经验研究在我们赋予这个术语的意义上并不是实验的，即使这些研究通常被称为“自然实验”、“事后实验”，或者以类似的方式加以形容的东西。这些分析的目的一般来说是要确定，某一事件、某组事件，或某组性质的综合是否因果地与既定社会中的一定社会变化或一定特征的出现相联系，以及如果有联系的话，以什么方式联系。人类的迁徙，出生率的变化，对待少数民族的态度，采纳新的交流方式，银行利率的变化，在各个社会群体中各种个性特征的分布差异，法令的社会影响，凡此种种都是这种研究的例子。

这种类型的研究能够以各种方式再加以细分：那些试图确定现象的社会效应的研究，以及与此不同，那些关心现象原因的研究；那些论述个体行动的研究，以及与此相区分，那些分析群体行为的研究；那些针对多多少少同时出现的特性之间的关系的研究，以及与此不同，那些处理在某个时间序列中显示的特性的研究，等等。这些细分中的每一个都与特殊的方法论问题和

研究技术相联系。但尽管存在这种差异，尽管在这种研究中不能随心所欲地处理被认为相关的变量，或者尽管在这些变量上的变化不是任何人可以加以设想的，但这些研究多少满足对受控经验研究的要求。比如，在这种研究的一个相当有代表性的例子中，问题是要确定电视对儿童去教堂做礼拜的影响。由于这一目的，通过抽样调查便可获得对有关样本中每个儿童的年龄、性别和参加礼拜(不管这个儿童看不看电视)以及该儿童的父母参加礼拜的问题的回答。当按照参加礼拜的一批儿童看不看电视来划分这些答案时，在看电视的这一类儿童中，他们参加礼拜的比例，被发现远小于不看电视的那一类儿童参加礼拜的比例；当对具有相似的年龄和性别的儿童进行比较时，这些比例本质上仍然保持不变。另一方面，当按照孩子的父母是否参加礼拜这一点来进一步划分样本答案时，在看电视并且其父母参加礼拜的这一类儿童中，参加礼拜的儿童的比例并非有意义地不同于在不看电视但其父母也参加礼拜的那一类儿童中参加礼拜的儿童的比例。该样本的数据分析因此提供了某些证据表明，儿童参加礼拜不受他们看电视的影响。

我们将在后面更详细地讨论这种分析的结构。让我们阐明在这种分析中究竟是什么东西使它们有资格在某种程度上成为受控经验研究。由于假设在这些分析中不能公开处理有关的因素，因此控制必定是以某种别的方式受影响的。正如上述例子表明的那样，只有在能够弄到有关这些因素的充分信息时，才能获得这种控制，因此，对信息的分析能够得出符号解释，在这种解释中，与在其他因素的变化上记录到的资料和在现象上记录到的资料之间的关联(或者缺乏关联)相比，这些相关因素中的一些被表示为常量(因此它们不影响在所研究的现象上的任何变化)。这样，在这些分析中处理的题材，便是在相关因素上

记录到的(或从符号上加以表达的)观察资料,而不是因素本身。这些研究因此试图得到关于一个现象的信息,得到那些据认为与其产生有关的诸因素的信息,这样通过使这些记录资料受统计分析的处理,就有可能把一些因素排除为该现象的因果决定要素,或者,就有可能为把该现象受到的因果影响归因于一些因素提供依据。

然而,当要在这种分析中寻求因果归咎关系的根据时,与此相联系的困难是臭名昭著的。不仅有各个专门的社会研究领域产生的一些严重的且有时难以对付的技术问题,比如,如何鉴定和规定变量、如何选择相关变量、如何挑选有代表性的样本资料、如何发现足够的资料以允许从样本的各类资料的比较中引出可靠推理。也存在着一些关键性的普遍问题,它们关系到在把有效的因果意义赋予资料之间的关联时所需要的证据的本质。当把有关在时间序列上展现的事件的资料解释为指出了因果联系时,社会研究的历史充分表明,只要稍不留心便会犯下进行事后推理的谬误。这个普遍问题,以及把伪造的因果联系与真正的因果联系区分开来的合理根据是什么的问题,在后面将得到注意。目前我们将就此观察面推断,社会科学中的大多数经验研究,甚至并不试图成为受控研究,这种类型的分析,在它们满足受控研究条件的完备性上,在其本身之间都还存在着相当大的差异。

二、文化相对性和社会规律

与已经讨论的困难密切相关,经常被引证为在社会科学中确立普遍规律之障碍的第二个困难,便是社会现象的"受历史约束的"或"文化上决定的"特征。虽然在过去和现在的大多数(如

果不是一切的话)社会都有一些类似制度——比如说,一切已知的社会都具有某种家庭组织,年轻人接受教育的某种方式,某种维护秩序的规定,等等——但一般来说,这些制度是在对不同环境的响应中发展起来的,它们体现了不同的文化传统,这样在不同社会中,相应制度的内在结构和相互关联一般来说也是不同的。因而人的社会行为所采取的形式,不仅取决于唤起那一行为的直接时机,而且也依赖于在对这种时机的响应中涉及到的、那些在文化上形成的习惯和对事件的解释。社会行为模式随着这一行为所产生的社会而变化,随着在既定的历史时期社会制度的特征而变化。因此,对取自于一个社会的样本资料进行受控研究得到的结论,对于从另一个社会得到的样本来说不可能行之有效。与物理学和化学的定律不一样,社会科学中的概括因此至多只具有严格有限的应用范围,仅局限于在一个相对短暂的历史时期在特殊的制度背景中发生的社会现象。例如,关于光的折射的斯涅耳定律表述似乎在整个宇宙中都保持不变的现象之间的关系。另一方面,在既定时期的一个社会群体中,人的出生率随社会地位变化的方式,一般来说不同于在另一个社会群体中出生率与社会地位相联系的方式,甚至在不同时期的同一个社会群体中,这些东西也是不同的。

在社会科学中建立综合性的普遍定律的确存在一个严重障碍,对这一障碍的论述的本质是不容置否的。人类行为无疑受到它得以发展的复杂的社会制度的改变,尽管一切人类行动都包含物理过程和生理过程,而这些过程运动的规律在一切社会都是不变的。甚至一个社会群体的成员满足生物需要的方式——比如,他们如何谋生或如何建造房屋——不仅仅受他们的生物习性决定,或者不仅仅受他们的地理环境的物理特性决定,因为这些因素对人类活动的影响须以现存的技术和传统为

中介。关于社会现象的非琐碎但可靠地确立起来的规律，总是只具有受到狭窄限制的普遍性，这种可能性一定必须得到允许。

然而，时下讨论的这些事实经常被误解，因此许多研究人类事务的学者已认为，关于社会现象的“跨文化规律”（亦即在不同社会都生效的社会规律）是不可能的。我们因此应考察这一问题。

1. 对跨文化社会规律的希望产生怀疑的一个共同来源，是如下这个不言而喻的假定，即科学定律必须使我们能对不确定的未来进行精确预言，这样天文学被视为值得这一名称的任何科学的典范。比如，已有人持有如下观点，即如果一门关于社会的科学

> 像天文学一样，是一门真正的科学，那么，它将使我们能预言最近的将来和不定的未来的人类事务的本质运动，正如天文学家能够描绘未来的一个确定时间点上的天体现象一样，它将能给予我们2000年或2500年的社会图景。这样一门社会科学会精确地告诉我们在那即将到来的岁月里将发生什么，而且我们将没有能力随意改变这种确定图景。[①]

但由于“鉴于人类经验的发展，作为个体，作为群体，作为种族和民族的男人和女人总是在生长和变化”，所以“不可能从社会科学的资料中得出封闭的体制”，又由于社会科学因此不能作出这样的预言，故而结论是：不存在任何“在真正的科学所采用的这

---

① 查尔斯·A·比尔德：《社会科学的本质》，纽约，1934年，第29页

个词语的有效意义上的社会科学。"[①]

然而，在天文学中允许大尺度的预言的这种情况，在其他的自然科学部门中并不流行，而倘若就此而论，天体力学就算不上典型的物理科学，要表明这一点勿需多费笔墨。这种预言在天文学中之所以可能，乃是因为从一切实际目的来看，太阳系都是一个孤立系统，且它将依然保持孤立，在一个无限长久的未来期间，我们有理由相信这一点。另一方面，在绝大多数其他的物理研究领域，所研究的系统不满足对大尺度预言的要求。不仅如此，在物理研究的多数情形中，我们都忽视了采用确立起来的定律进行精确预言的恰当的初始条件，即使可以得到的理论要不然就不能完全适合于此目的。例如，只要把一个单摆从各种干扰因素的影响中孤离出来，我们就能很精确地预测它的运动，因为知道单摆运动理论和有关那个特殊系统的作为先决条件的事实资料；但不能过于自信地对一个较为长远的未来作出这样的预测，因为我们有绝好的理由相信该系统不会无限地不受外在干扰的影响。另一方面，我们不能较为精确地预言从一棵树上刚掉下来的一片树叶在10分钟内将被风带到何处；因为，假使提供了有关风、树叶和地形的相关事实资料，虽然可以得到的物理理论原则上能够回答这一问题，但我们难得自由支配有关这些初始条件的知识。无法对不定的未来作出预言，因而不是人类事务的研究所独有的，它也不是关于现象的综合性定律还没有确立起来或不能确立起来的确定标志。

而且，如同上面引用的那一段文字所表明的那样，认为理论知识只有在那些缺乏有效的人类控制的领域才是可能的，这种观点明显有错。粗矿石能被转变为精制的产物，不是因为不能

---

① 查尔斯·A·比尔德：《社会科学的本质》，纽约，1934年，第26、33、37页。

得到进行这种转变的理论,而往往恰好是因为存在着这种理论。反过来,如果在合适的技术得到发展以后,先前不可能加以控制的变化现在变成可控的,那么,一个领域就不会不再是一个理论知识领域了。这些方法论原则会丧失它们的有效性吗?我们有朝一日会发现如何创作天气吗?人们一定能改变他们的社会组织方式的各个特点,但是这一事实并没有证实一门关于人类事务的“真正”科学的不可能性。

2. 一个与此相关的错误观念是这一推测:在一类系统中所显示的行为规律性和特性上的广泛差异排除了这一可能性,即有一个构成这些差异之基础的共同的关系模式,这样各个系统的潜在相异的特征就不能按照关于那些系统的一个单一的理论来加以理解。这一推测通常是由于不能在如下两个问题之间作出区分,一个问题是:在一类系统中是否存在着一个不变的关系结构,且这个关系结构能否被表述为一个综合性理论(即使以高度抽象的词项);另一个问题是:适合于把这一理论应用于这些系统中的任何一个的初始条件是否在所有这些系统中都一致同一。

比如,考虑下列纯粹物理现象:闪电,航海罗盘的转动,虹的现象,照相机取景器上一个光学图像的形成。这些东西无疑是极不相似的现象,无法根据它们显示的性质对其进行比较;在从前看来,这些现象不可能是一组单一的统一关联的原理的例子。不过,现在我们已充分地了解到,这些现象都可以按照现代电磁理论来加以理解。当然,对于这些现象中的每一个来说,都有不同的特殊定律;但电磁理论能够说明这一切定律,因为当提供与各个系统的明显的不相似性相对应的初始条件时,便可以从电磁理论中得到不同的定律。

这样,社会过程随着它们的制度背景而变化,在一个文化中被发现具有的特殊的一致性不一定在一切社会都流行,这个事

实并不排除如下可能性，即这些特殊的一致性就是对于一切文化来说都保持不变的关系结构的特殊化。因为不同社会组织起来的方式，以及在这些社会中出现的各种行为方式的差异，可能不是那些社会中不可公度地不相似的社会关系模式的结果，而不过是在某一组变量(这些变量构成了一切社会共有的关系结构的基本成分)的特殊值上存在的差异。然而，是否这种综合性的社会理论命中注定永远都只是一个逻辑的但无法实现的可能性，这是任何人都可作出的猜测。目前的讨论——它并不意欲成为一个一目了然的练习——不过是要提醒人们注意忽视这种可能性会引起的错误观念。

3. 由于社会现象的“受历史制约”的特征，需要提醒的另一点便关系到对社会规律的有限范围的考虑。显然，如果任何研究领域的一个规律要覆盖那些明确地显示相关的重要差异的范围宽广的现象，那么，对这一规律的表述必须忽视这些差异，以使该表述中使用的措词不明确提及那些出现在特殊情形中的现象特有的特性。这样一个表述有时可以通过使用变量(在这个词的通常的数学含义上)而获得，这样这一规律对特殊情形的应用，是以为变量指派随应用情形而变化的常量为中介的。比如，虽然伽利略自由落体定律提到的引力“常数”并非在一切纬度都具有同样的值，但在对该定律的习惯表达中，却没有引用在它的值上的那些变化；在陈述中，通过采用变量“g”，比提到某个特定的值，能使这一定律获得更大的普遍性。①

① 因此必须假设，该定律的陈述包含着对变量“g”的一个存在逻辑量词。这样，把一个自由落体下落的距离 S 和时间 t 联系起来的公式 $S=\frac{1}{2}gt^2$，必须这样来加以理解：这个公式断言，至少存在着“g”的一个值，对于这个值来说，上述关系有效，这个值在与地心有相等距离的一切位置都不变，虽然“g”的值在与地心有不等距离的地方不同。

但这种保证陈述的普遍性的技术并非总是可能的或方便的。在自然科学中普遍采取的一个不同手段是在所谓的“理想情形”之下表述一个定律，这样该定律阐述了那被认为只是在某些限制条件下才有效的某种依赖关系，即使这些条件极难得以实现。比如，伽利略自由落体定律是对真空中运动的物体而论的，即使地面上的物体往往（如果不总是的话）是经由某种阻抗介质运动的；杠杆定律是对完全刚性且均质的杆而论的，尽管实际上杠杆只是接近这一条件。因此，当借助于如此表述的定律来分析一个具体给定的情况时，必须引入附加假定或公设，以在这一定律得以阐述的理想情形和运用该定律的具体情形之间搭起桥梁。这种附加假定往往极为复杂；它们并不像定律那样得到精确表述；它们甚至不能被充分阐明，这不是因为明确提及一切假定太过繁琐（因此许多假定便被看作是理所当然的），就是因为缺乏把实际情形与理想情形分辨开来的相关因素的知识。因此，虽然一个定律在其形式表述上似乎有广泛的普遍性和巨大的简单性，但当引入把这一定律应用于具体情况的实际条件时，形式陈述不能揭示该定律在应用范围上的局限性和论断内容上的复杂性。

因此，很清楚，社会现象的“受历史制约”的特征并非是表述综合性的跨文化规律的固有障碍。事实上，在社会科学中，已经怀着这一目的而使用刚才提到的两个逻辑手段。比如，在经济学中，尤其是在涉及到买卖者之间完全竞争的概念，或者试图最大地获得各自的财政收益（或其他“利益”）的经济人概念的经济学理论的构造中，已多次采用这些技术。确实，在经济学以及其他社会研究领域中，使用这些技术构造应用范围广泛的规律的尝试，迄今为止至多只取得适度的成功。然而，把这些尝试的失败归咎于按照“理想情形”来系统表述社会规律的普通策略上存

在的缺陷，则是错误的。不能取得无可辩驳的成功，这部分应归咎于在这些尝试中采用了专门的理论概念，但也许在很大程度上应归咎于在了解如下这一点上存在的困难，这就是：如何按照出现在具体的社会情景中的特殊情况来修正那些使用“理想”概念的陈述，而这些具体的社会情景正是这些陈述付诸应用的。

然而，旨在于确立普遍规律的社会现象分析，基本上是按照人们在他们夜以继日的社会活动中作出的区分来加以处理的。甚至当把这些日常的不精确的常识概念弄得不那么模糊时，要从它们之中排除对某个特定社会（或特定的社会传统）所特有的东西的本质参考，那是极为困难的。不仅如此，而且难以完全了解在什么精确的条件下，借助于这些概念阐明的概括才有效。因此，情况往往是这样的：要么这种概括是统计相关陈述而不是严格普遍的依赖关系，要么它们是“准普遍的”（在这一意义上：虽然它们在形式上被表示为严格普遍陈述，但它们是在无意排除各种例外的前提下被论断的，而这些例外有时明确地包含在这个熟悉的附加条件中，这就是：仅当“其他条件保持不变”时，在一个概括中提到的依赖关系才适用）。无论在何种情形中，一个概括对其他社会的社会群体的合适性或有效性可能极不确定。比如，在应征入伍的人中，受过良好教育的人患由于心理因素而引起的心身病症的人数，比受教育差的人患此症的人数少得多。这个概括（以对参加过第二次世界大战的美国士兵的研究为依据）在上述意义上就是一个准普遍概括。因为若某一组特定的受过大学教育的士兵比仅受过初等教育的某一组士兵患上该病症的人数要多，又已表明这两组的指挥官对入伍的大学生抱有敌意，喜欢使他们在生活上受尽苦难，则看来不可能把这一概括拒斥为虚假的。尽管有此例外，但对该概括继续信奉可能还是很合理的，虽然要详尽无遗地说明该概括不想覆盖、因此

其出现也不算作是该概括的真正例外的各种情形，实在不太可能。这点也是显然的，即虽然这个概括并不因这一事实而失效，即在一些社会中不会出现正式教育上的差异（如在北非卢尔人的战士中），但它不能应用于在那些社会系统中对人的行为的考虑（因为没有关系）。

简言之，若社会规律或社会理论要系统阐述一定的依赖关系，而这些依赖关系在人类行动所显示的大范围的文化差异中都是恒定的，那么进入这种规律之中的概念不能指代仅出现在一组特殊的社会中的特征。但要保证终究能设计出一些令人满意的概念，它们不指代这种局域性的特征，而是能进入在文化上保持不变的社会规律的那些事实上得到保证的陈述之中，则显然是不可能的。迄今为了确立综合性的跨文化规律而作出的种种试图，已经采取形形色色的概念（或“变量”），这些概念似乎是横跨文化差异的，例如，指称物理因素（比如气候）、生物因素（比如机体驱使）、心理因素（比如欲望或态度）和经济因素（比如所有权关系的形式）的变量，以及指称更严格的社会学因素（比如社会内聚力和社会角色）的变量。也许最频繁地按照这些概念提出的社会规律阐明了不可避免的社会变化秩序，这些规律认为处于某个确定发展阶段中的社会或制度是相继更替的。但这些尝试或提议没有一个是成功的；从过去的失败中，从基于历史过程的普遍分析的理由中，可以看出似乎最不可能的东西就是：一个综合性的社会理论就是一个历史发展理论。也必须认识到这种可能性：与过去提出来的跨文化规律采纳的概念相比，建立综合性的社会理论所需要的概念，可能必须更加“抽象”，由于一种更大的“逻辑差距”，可能需要把它们与日常社会生活中使用的熟悉概念分离开来，而且为了处理在实际社会现象的分析中所涉及到的概念，它们可能有必要掌握更为复杂的技术。

三、作为一个社会变量的社会现象的知识

社会科学面临的第三个困难——有时被视为它们面临的最严重的困难——其来源可在如下事实中找到，这就是，人类由于获得了对他们所参与的事件，或对他们作为其成员的社会的新知识，因而经常更改他们习惯的社会行为方式。这一困难有两个方面，其中的一个方面与对社会现象的分析相联系，另一个方面则与在这种分析中达到的结论相联系。

1. 对社会题材进行实验处理的方式会把未知量的变化带人所研究的材料中，因而从一开始就可能败坏根据某个实验提出的结论，这一点已受到注意。可以扩展这一观察以涵盖那些不仅仅是严格的实验研究。比如，当前对诸如对待少数民族的态度、选举行为、贸易投资计划此类东西的经验研究，都广泛地利用询问；从意见调查所采用的各种类型的采访中得到的回答，便是有关这些事情的结论最终据以立足的资料。然而，即使我们假定采访者在此项任务上得到了合适训练，而且他们并不把恶劣的歪曲引入他们通过这种明显不适当的采访技术而收集到的资料中来，但问题是，由于回答者知道他们正在被采访，这样他们的回答是否确实表示他们在采访之前持有、且在采访后继续持有的观点或态度呢？一个回答者意识到他是令采访者感兴趣的对象，他相信他的回答对他自己可能有些利害关系，处理采访的具体方式，诸如此类的东西都会产生有效的影响，而这种影响会强烈地改变他给出的回答，这种改变之产生，不是通过使他对他从来没有反思过的问题给出一个确信的回答，就是通过使他倾向于阐述既不代表其实际信念又未揭示其习惯行为的建

议。因此，若为有关特定题材的假说收集证据的过程仅得出这种资料——其特征是由该过程本身造成的，且认为它们构成了相关证据——那么，仅以此类资料为依据来评价假说，并无潜在的可能性。

这个困难无疑是一个严重困难，不存在设法回避它的普遍准则；但它不是社会科学特有的困难，也不是一个原则上无法逾越的困难。自然科学的研究者长期以来一直熟悉这一事实：为了进行测量而使用的工具，即便就是在被测量的量上也可能产生变化；这个事实在近年来因与量子力学中海森堡不确定性原理的解释相联系，尤其受到了更多的关注。比如由浸在液体中的一个温度计记录到的温度，并不表示在浸没之前此液体的精确温度，因为浸没前温度计的温度通常不同于液体的温度，这样在温度计和液体相互间处于热平衡之前，两个初始温度会变化。但声称一个被测量性质的量就是由测量它的过程改变的，这没有太大的意义，除非有可能提出支持如下假定的证据，即在这一过程中所采用的测量仪器在这一性质上产生了一种特殊变化。因此，为了使这一主张可理解，它必须伴随着某个这样的概念（即使这是一个模糊的概念）：在什么程度上这一性质由于与测量仪器相互作用而可能被受到改变呢？这样就会出现如下任何一种可能性：据了解这种相互作用产生的效应极小，因此可以忽略不计，可以根据已知定律精确地计算这些效应，当把一个数值指派给被测性质的量时，可以对这些效应打折扣；不能精确地计算这些效应，但根据已知定律可以表明它们不会超过一定极限，这样只能把近似值指派给被测性质的量；最后，由于不了解恰好进行某一类型测量的特殊情形，因此不能形成对这些效应的估计，要把一个值指派给被测性质，要么等到消除这种无知状况，要么等到发展出实际上能估计它们对被测性质之影响的测量仪

器时才行。

以上联系着自然科学探讨的题材而讨论的处理这一困难的逻辑，当联系着社会科学研究的题材来考查时，没有被改变。在这两组学科中，这一困难的产生，乃是由于一研究题材上的变化正好是由用以分析它的手段产生的。然而，虽然在社会科学中（但不是在自然科学中），这种变化部分地应归咎于人们对如下事实的知识，即这种变化本身就是一个研究题材，但这一差别却对一个领域中导致这种变化时所涉及到的具体机制有重大影响；尽管在这种变化赖以产生的机制上存在的差异不影响它们所造成的逻辑问题的本质。不过要在社会科学中预料这些变化却非易事，原因在于在社会科学中，可以据此估计这些变化程度的得到充分确立的规律为数甚少。另一方面，社会科学往往也可以采用那些使这一困难要么根本不产生，要么以不太尖锐的形式产生的研究技术，例如各种观察社会行为的手段，这里使参与那一行为的人完全不知道他们正在被观察；或所谓的"投射技术"，这里受试虽然确实知道他们在被研究，但没有意识到研究的目的，因而他们只好猜测其行为的哪些方面受到调查。[1]

2．现在讨论的困难的第二个方面，关系到在社会研究中达到的结论的有效性。已经常注意到的一点是：虽然使恒星保持在其轨道上的力，或者传达人的机体的遗传特性的机制，不受天体物理学中或生物学中取得的进展的影响，但社会科学研究的题材，作为后面这些学科发展的结果，则可能受到深刻的改变；因为甚至当有关社会现象的概括，或者对未来社会事件的预言都是无可辩驳的研究的结论时，如果这些结论变成公众知识的

---

[1] 参见加德纳·林德材编的《社会心理学手册》，坎布里奇，马萨诸塞州，1954年，第1卷。

题材，如果人们按照这种知识改变其行为模式(注意这些结论正是以对人们行为模式的研究为依据的)，那么，这些结论实际上可能变得无效。因此经常产生的一个看法是：寻求在无限远的未来都有效的社会规律，这不过是幻想，对社会行为的预言是内在地不可实现的。

有时区分这样两种预言，每一种预言都阐明有关人类事务的信念产生的行动可能如何影响这些信念本身的有效性。一种预言是所谓的“自取灭亡的预言”，这些预言在它们提出来的时候具有可靠的基础，因此最有可能被未来事件证实，但由于宣告这些预言而导致的行动后果，它们被否证了。例如，根据对美国经济状况的一个看似合适的分析，经济学家预言说 1947 年会发生贸易“暴跌”。但由于这一警告，商人们降低了在经济市场的运行中占据战略位置的一些产品的价格，结果对这些商品的需求反而提高，这次预言的暴跌并没有产生。第二种类型的预言是所谓的“自我履行的预言”，这些预言在它们提出的那时对于实际事实来说是假的，但由于相信这种预言而采取的行动的结果，它们被证明是真的。例如，虽然美国银行(一家私人银行，尽管它以此为名)在 1928 年并未陷人严重的财政困难，但它的许多储户逐渐相信它正陷人可怕的麻烦，并且将失败。这一信念导致向该银行挤兑存款，结果该组织被迫破产。[①]

这些预言注意到的一个事实有时被认为似乎是人的所谓“意志自由”的结果，它对社会研究提出的困难是社会科学所独有的；这一事实就是：关于人类事务的信念可使人们的习惯行为方式发生关键性的变化，而这种变化又恰恰是那些信念的题材。

---

① 参阅罗伯特·K·默顿：《社会理论和社会结构》，修订版，伊利诺斯，1957 年，第 11 章。

但意志自由的古老问题其实与社会研究的方法论问题毫不相干。从自然科学的题材中也存在这两种预言这一事实来看,这一点便明白无误了。比如,反击敌机火炮的瞄准和发射都可能受纯粹物理机制的影响。我们可以假定,这样一个机制包括:确定目标位置的雷达,计算这种火炮应该瞄准雷达所报告的目标之方向的自动计算机,使火炮对准和点火的校准仪,以及把计算机的计算转变为校准仪的一系列信号的某个系统。现在让我们假设,如果火炮是按照计算机在某一既定时刻的计算被点火的,那么目标将被击中;但让我们又假设,传递计算的信号具有计算机还没有打折扣的干扰效应(不管这些效应是对校准仪的还是对目标的)。这样,虽然火炮是按照那些在作出的时候是准确的计算被点火发射的,但由于在传递计算结果的过程中带入了变化,它还是不能命中目标。如此描述的情况在本质上并非不同于社会科学中的一个自取灭亡的预言,尽管这个例子仅涉及到纯粹物理机制。以类似的方式可以构造与人类事务中自我履行的预言相类似的例子。这样,由于上例中假设的雷达设备或计算机有某种"缺陷",故而如果火炮是按照计算机在某一既定时刻的计算结果被瞄准发射的,则火炮事实上不能击中目标。不过明显可能的是,虽然火炮是按照当被作出之时是不正确的计算结果被点火发射的,但由于传递那些计算的过程所产生的扰动,目标被成功地击中。[①]

但不管怎样,关于人类事务的自取灭亡的预言和自我履行的预言经常出现,却是不容置否的;没有任何适应社会科学研究

---

① 本段所使用的例子是阿道夫·格林鲍姆抱着同样的目的在如下文章中采用的例子的改编,他的这篇文章是"历史决定论,社会活动论和社会科学中的预言",载《不列颠科学哲学杂志》,第7卷(1956年),第236—240页。

题材的理论能够忽视这一事实:按照有关某些社会行为模式的知识采取的行动,可以经常改变那些模式。不过,正如前一节所表明的那样,有时对这一事实的解释可能是高度暧昧的。特别是,虽然这一事实使我们探求关于社会现象的有可靠基础的概括变得复杂,但正如普遍认为的那样,它并不排除确立普遍的社会规律的可能性。何以不排除呢?现在我们就阐明这点。

a. 首先,作出这一论断的那些人忽视了这一基本点,即想作为一个定律的陈述在逻辑形式上是一*条件*陈述,即使所采取的具体写法没有明确揭示这一点。这些陈述就是断定:*如果*一定条件得以满足,*那么*,某些其他东西也就被实现(不管是总是实现,还是只是以多少得到精确表述的一定相对频率实现)。因此,一个社会规律的*事实有效性*不依赖于表述它的条件句的前件的一个实例是否绝对为真,即使该规律对于一既定情形的应用,确实取决于前件中提到的条件在这一情形中是否实现。比如,一个熟悉的经济规律的简化形式断言:若降低一个商品的销售价格,则会提高对该商品的有效需求。现在假设在某一社会中,各种商品(尤其是糖果)价格的稳定跌价伴随着那些商品消费的稳定增长,因此该规律被逐渐认为是正确的。但进一步假设,为了不鼓励消费糖果(其理由也许是来自于有关消费糖果对体重增加之影响的研究),可以据此规律采取一些步骤颠倒糖果的价格趋势,以最终降低对糖果的有效消费。然而,明显的是该规律并不由于如下情况而无效,即由于按照该规律而采取的行动,糖果的价格逐渐提高;更有甚者,当人们了解到若吸入氢氰酸气体便会迅速导致死亡这一规律时,他们一般避免暴露在这种酸雾中,这个事实也不是对该规律的否证。总之,如果以对一既定规律的知识为依据的行动,不是该规律在其前提中提到的、

当前提中的诸条件被实现时断言由某些推理伴随着的条件中的一个,那么,当发现那种这一行动确实发生但规定的推理没有产生的情况时,该规律并没有被表明是错误的。

b. 其次,没有可靠的理由一劳永逸地排除这样一些规律的可能性,这些规律确实注意到了根据有关社会过程的知识而精心制定的行动的存在。相反,有时有可能以一种普遍的方式预测那些已确立起来的获得新知识或新技能的社会习惯的可能后果。比如,对交通和通讯手段所要求的设备的研制,普遍随着社会日趋增长的工业化程度而提高。另一方面,也有证据支持这一概括:当人们发现更迅速的交通和通讯形式的优点时,他们往往宁愿使用陈旧缓慢的形式。因此,当对更迅速的形式的知识变得广为流行时,对一定形式的设备的研制要么倾向于整体衰减,要么是以一衰减的速率增加,同时,为了研制而需要的自然资源要么只得到小规模的开发,要么易作他用。即使不能在细节上预言新获得的知识对社会行为模式的影响,但至少有时能提供对这些革新的可能后果的粗略说明。简言之,如果人们拥有的有关社会过程的知识是社会现象的确定中的一个变量,那么,没有实验的依据认为,在那一变量上的变化以及这些变化可能产生的影响不能作为社会规律的主题。

不要把时下考虑的这一点与这个相当不同的问题混淆起来,即是否能够预言新知识的获得及它所采取的形式。这种预言无疑不是普遍可能的,除了在这样一些领域中外——在这些领域中,知识上的进展碰巧取决于对某一类特殊问题的解决,而且对于那些解决来说,有效的技术和合适的资源已唾手可得。引起争论的是这一问题:当一旦获得有关社会现象之间依赖关系的知识时,原则上是否有可能确立这样的规律,它们考虑到了对那些关系使用这种知识可能具有的后果。目前的讨论试图弄

明白，认为这种规律是内在不可能的主张何以是站不住脚的。

c．最后，虽然经常低估人们的信念和抱负对人类历史的影响，但同样也容易夸大深思熟虑的选择在决定人类事件中的控制作用，即使当这种选择是以相当多的社会过程知识为依据时。人类的一个共同经验是：尽管仔细地制定了实现一定目标的计划，但采取的行动最终却导致了尚未预测到的、且一定不想要的纠纷。因为计划行动极难在人们对此有总体把握的社会环境中发生。遵循一个精心选择的行为，结果，所得到的东西不仅仅是那个行为的产物；它们也由各种伴随的情形决定，而我们不总是能理解这些情形与预想的行动目的的关联，它们的作用方式无论如何都不在进行那一选择的人们的完全有效的控制之内。为了加强以奴隶制为基础的社会制度，爱利·惠特尼没有发明轧花机；巴斯德一直担心他对酶的研究会成为细菌战的理论基础；法国对美国的反英革命事业的支持，目的并不想缔造一个最终使它难以在北美继续推行其殖民地政策的国家。

社会行动的意图和结果之间的不和谐性，对如下问题的影响甚大，即社会过程的知识在改变社会过程中所起的作用是否排除了确立普遍社会规律的可能性？有计划的社会行动的预想目的无疑受制于广泛的变动，由于这种目的一般来说不仅取决于制定计划和进行行动的个体的那些多少与众不同的特征，而且也依赖于这些个体碰巧具有的社会过程的知识；经常很难预测那些目的将是什么。另一方面，如同刚才表明的那样，在个体试图实现其目的的那种相对稳定的制度之中，由于这些制度对个体的社会行为所施加的约束，经由这种行动而获得的实际结果，便往往陷入一个选择的可能性更加狭小的范围。因为虽然预计的努力一定能改变社会制度的特征，但在任何既定场合，人们履行的行动很大程度上不是那种旨在于解决那一场合特有的

某个问题而进行的反思现象，而是一种行为习惯——这些行为习惯无法改变，而且往往被指望着仍然保持不变。因此，为了某一预定目的而付出的努力产生的影响，不是往往被那些遵从习惯的社会行为模式的行为所产生的影响湮没，便是被活动者对此毫无控制的其他事件压倒。虽然总有这一真正的可能性，即以社会过程的知识为依据的行动会改变那些过程的特征，但由于这种行动一般并不激烈改变整个的习惯的社会行为模式，故而常常可以忽略那种可能性。由此理由，以及由于已讨论过的理由，可以说，那种可能性并不构成建立社会规律的致命障碍。[①]

四、社会题材的主观性

如下这个熟悉的主张提出了第四组相关的方法论问题，这就是：要取得客观上得到保证的对社会现象的说明，若非不可能的话，也是极困难的，因为社会现象具有本质上"主观的"或"浸渍着价值的"方面。

---

① 我们在讨论的这个问题最近已成为一些理论研究和经验研究的主题。例如，已表明民意测验调查者原则上可以以这种方式公布他对一次选举结果的预言，以使尽管投票者对这个预言有一定的反应，但该预言仍未被那些反应否证。参阅赫伯特·A·西蒙：《人的模型》，纽约，1957 年，第 5 章，该章的标题是"选举预言的赶浪头效应和处于劣势效应"。

此外，最近已开创一个新的研究部门，其目的正在于在获得某一目标的一个竞争行动中，指定一个要待遵循的策略，这一策略在某种意义上是"最佳策略"，它不受竞争各方("博弈对手")所具有的、有关对方计划之信息的影响。"博弈论"提供了那种对为了获得目标本身而勿需被改变的一个行为路线进行判定的规则，即使其他对手在"博弈"过程中获得新知识。约翰·冯·诺意曼和奥斯卡·摩根斯顿发展了博弈论的基本思想，见他们合著的名著《博弈论与经济行为》(科学出版社有中译本——译者)，普林斯顿，1944 年。也可参见约翰·C·C·麦金西的《博弈论入门》，纽约，1952 年；R·D·卢斯和 H·雷法合著的《博弈与决策》，纽约，1957 年。

社会科学的研究对象往往被认定是人的目的性行动，这种行动旨在于获得各种各样的目的或“价值”，不管是通过有意识的意图，还是习惯力量使然，抑或是不知不觉的涉人。一个约束力更强的刻划把社会科学的题材限制到人们对他人的行动作出的反应——按照这些其他人又将如何回答的期望和“评价”。[1]不论以哪种方式界定社会科学的题材，都共同地认为，社会科学研究必须以对如下有关方面的了解为前提：构成人的目的性行为之源泉的动机和其他心理根据，以及作为目的性行为之明确目标或隐含目标的目的和价值。

但在许多作者看来，动机、倾向、预定目标、价值等都不是对感觉审视开放的东西。既不能了解它们，又不能通过完全利用那种适合于研究“纯行为”科学（或自然科学）的可以公共观察的研究题材的方法来鉴定它们。相反，它们是唯有从我们的“主观经验”中才能加以了解的东西。而且，除了通过诉诸“精神态度”之外，我们无法规定与社会科学的研究题材有关的区分（不论这些区分是用来表征非生命对象，如在“工具”、“语句”这类词项的情形中，还是被用来指示人的行为，如在“罪”、“罚”这类词项的情形中），除了那些已具有拥有这些态度的主观经验的人之外，我们也无法理解这些区分。比如，说一个东西是工具，大概就是说如此表征该对象的那些人期望它产生某些效应。因此，必须按照人类行动者本人持有的对事物的信念，而不是按照那种经由自然科学的客观方法发现的事物的特点，来分析目的性行为的说明可能需要提及的种种“事物”。这种观点的一位倡导者阐

---

[1] 马克斯·韦伯：《社会组织和经济组织理论》，纽约，1947年，第118页。按照这一较为严格的定义，一个只是为了自己供给食物而耕地的农夫不是在从事社会活动。只有当他通过参考其他人的假定需求来评价满足他自己的需求的计划时，他的行为才是社会的。

明了这一情形:“一种药或者一种化妆品,从社会研究的目的来看,不是治疗一个病人或美化一个人的相貌的东西,而是人们认为具有那种效应的东西。”他继续说,当社会科学援引人们对自然律的知识来说明人类现象时,“在社会研究中相关的东西,不是这些定律在任何客观的意义上是否为真,而是它们是否为人们所相信、对人们起作用。”①

简单地说,社会科学中的描述范畴和说明范畴被认为在根本上是“主观的”,这样这些学科被迫依赖于“非客观的”研究技术。因此社会科学家必须通过把自己想象为是处于社会过程中的活动者,像活动者本人那样看待他所面临的情况,通过构造把活动的源泉和各种价值承诺赋予那些当事人的“动机模型”,来“解释”他的研究材料。社会科学家之所以能够做这些事,只是因为他本人是处于社会过程中的一个积极的当事人,因此他能够按照自己的“主观经验”来理解社会行动的“内在涵义”。一门纯“客观的”或“行为主义的”社会科学因此被看作海市蜃楼;因为从人类事务的研究中按照原则排除每一个主观的动机解释的痕迹,其实就是从这一研究中消除对每一个真正的社会事实的考虑。②

对社会科学研究题材的这一论述提出了许多问题,但本文中只注意三个问题:(1)社会科学题材的探讨所要求的区分完全是“主观的”吗?(2)对社会现象的“行为主义”的论述是不合适的吗?(3)把“主观”状态赋予从事活动的人超越了在“客观”性质的探究中采用的逻辑准则的范围吗?

---

① F·A·哈耶克:《科学的反革命》,伊利诺斯,1952年,第30页。

② R·M·麦基弗:《社会因果关系》,纽约,1942年,第14章;马克斯·韦伯,同上,第1章,尤其是第1节;查尔斯·H·库利:《社会学理论和社会研究》,纽约,1930年,第290—308页;L·冯·米塞斯:《理论与历史》,纽黑文,康涅狄格,1957年,第11章;彼特·温奇:《社会科学的观念》,伦敦,1958年,尤其是第2章。

1. 人类行为往往是有目的的，这是无可争议的，但如下这点同样也不成问题，即无论是社会科学家还是外行来描述或说明人类行为时，各种“主观的”状态（或心理状态）都被公认为是这种行为的表现形式的基础。不过，如同生物学所表明的那样，经常可以对目标导向的活动的许多方面进行分析，而毋需设定这些状态。更有甚者，甚至当社会科学研究的行为无可争辩地指向某些有意抱有的目的时，社会科学并不限制自身只使用完全涉及心理状态的区分；然而，如下这点也不甚清楚，即这些学科何以要对自己施加这些限制。例如为了说明某一既定共同体对某些行为规则的采纳，探究这一共同体耕地、建屋、保存食物以待备用的方式可能是恰当的；而在从事这些任务时这些个体显示的公开行为就不能以纯“主观的”术语来加以描述。

进一步，即使有时借助于关于行动者的倾向、意图，或信念的假定来部分地说明目的性行动，但关于行动者不了解的东西的其他假定，也可能对其行动的说明有所贡献。因此，正如以上引文表明的那样，如果我们想解释相信某一物质的药用性质的人们的行为，显然在如下两个问题之间作出区分是重要的，一个问题是：那个信念是否对相信者的行为有所影响；另一个问题是：那种物质是否确实具有假定的药用性质。另一方面，似乎有绝好的理由拒斥这一结论：据说为了遵循这一区分，在说明目的性行为时，社会科学家必须不使用他本人可以得到、但显示那一行为的那些人得不到的信息。[①] 例如，在南北战争以前，美国南

① “我们可能恰好具有、但我们要对其行为进行说明的那些人并不具有的有关这种药用物质的本质的任何知识，与对他们的行动的说明没有多大关系，这正如我们对符咒效力的不相信，并不太有助于我们理解相信它的野蛮人的行为一样。”——F·A·哈耶克，同上，第30页。

方的棉花种植者一定不了解现代土壤化学规律，错误地认为使用牲畜肥料会无限期地维护棉花种植的丰收。不过，一位熟悉那些规律的社会科学家可能会有助于说明在那种处理下，棉花生长的土壤何以会逐渐变质，因此如果不降低正常的棉花收成，对提高棉花产量的未开垦的土地为什么会有一个日益增长的需要。一定不明显的是，为什么应把这种说明从社会科学中驱逐掉？但若不排除这种说明，由于它们显然包含着那些不指称从事目的性行为的人的“主观”状态的概念，这样，明显的是，社会科学中的描述范畴和说明范畴并非完全是“主观”的。

2．在社会科学中，称为“行为主义”的观点，是在本世纪20年代首先由许多心理学家采纳的一个研究纲领的改编。这一纲领反映了心理学家对通过精神状态的内省而得到的心理学资料的模糊性和不现实性的普遍反叛，其倡导者把研究动物行为的学者采纳的方法看作心理学研究的最切近的模型。在它的最初表述中，行为主义把对内省的全盘拒斥荐为心理学研究的技术，它所声称的目的是以研究化学过程或研究动物行为的方式来分析人的行为，而不诉诸意识内容。而且，它的一些倡导者在一些实质性的心理学问题上（比如，学习或文学创作中涉及到的“条件反射”机制）提出了独特的观点，虽然他们采纳的头脑简单的“机械论”理论并不因为拒斥了内省就受到担保。然而，值得顺便注意的是，甚至行为主义的极端形式的拥护者也不否认有意识的精神状态的存在；他们为了支持公开行为研究而对内省的拒斥，基本上是受到把心理学建立在公共可观察资料的基础上这个方法论考虑的支配。[1]

---

① 参见J·B·华生：“从行为主义的观点来看的心理学”，载《心理学评论》，第20卷（1913年），第158—177页；也见他的《行为主义》，纽约，1930年。

但无论怎样，自从它的最初表述以来，行为主义已经历了重大变化，也许再也没有任何心理学家（或就此而论，社会科学家）在当前愿意把自己称为早期不加限制地对内省进行谴责的“行为主义者”。相反，今日的职业行为主义者普遍接受那种由实验受试提供的内省报告，不是把它们接受为关于受试的私人心理状态的陈述，而是接受为受试在既定条件下作出的可观察的言语应答；因此，内省报告便包括在心理学概括得以确立起来的客观资料中。而且，在这一更自由的方法论框架中工作的当代行为主义者，一直在分析许多（往往不相重叠的）人类行为领域，无论是个体行为（比如知觉辨析、学习，问题求解）还是社会行为（比如交往，群体决策，或群体结合）；他们已提出一些专门机制来说明这各种各样的现象，那些机制基本上互不相同，而且在实质上也不同于与行为主义观点的早期解释者相联系的简单机制。然而，已经了解到这些最近提出的机制没有一个适宜于说明全范围的人类行为，这样，行为主义（像大多数当代的心理学“流派”一样）继续是一个强调某些方法论考虑的多样化的研究纲领，而不是一个承诺某一具体的、详细表达的实质性理论的流派。因此“行为主义”这一术语没有精确的教条涵义；称自己为行为主义者的那些研究人类行为的学者之所以这样做，主要是因为他们认同一个珍视客观（或主体间可观察的）资料的方法论。[1]

---

[1] 参见肯尼斯·W·斯彭斯：“‘行为主义’的公设”，《心理学评论》第55卷（1948年），第67—78页；加德纳·墨菲：《近代心理学历史导引》（该书有中译本——译者），纽约，1951年，第18、19章；《世界危机中人的科学》（拉尔夫·林顿编辑），纽约，1945年。尤其参见如下几章：克莱德·克拉克洪和威廉·H·凯利合写的“文化的概念”，M·J·赫斯科维茨写的“文化变异的过程”，G·P·默多克写的“文化的共性”；P·F·拉扎斯菲尔德：“方法论问题”，载《今日社会学》（罗伯特·K·默顿，列奥拉德·布鲁姆以及小L·S·科特雷尔合编），纽约，1959年。

但从这种情况来看，要评价如下主张实非易事，这就是，研究社会现象的“行为主义”方法是自我挫败的；其原因在于往往不清楚这一批评的预期目标究竟是什么。大量的批评一定是针对对行为主义方法的漫画似的歪曲。这样，当断定一位始终如一的行为主义者不能正经八百地谈论“人们对我们的感觉告知我们的熟悉东西（如一个红色的圆）的反应”，而只谈论“对那些在严格的物理意义上有同一来源的刺激的反应”（比如谈论具有既定频率的光波对视网膜某一部分的影响）时，[①] 或者当说一位行为主义者不承认纯反射行动（如膝体反射）和目的性行为（如修建铁路）之间的差别时，[②] 在每种情形中，攻击的对象不过是生物物理学家在受一种含糊其辞的认识论败坏的模型上制造出来的稻草人，而非针对现存的行为主义者的见解。的确，行为主义者有时表现得极不敏感人类经验的重要特点；他们经常提出的对心理过程和社会过程的说明，证明是过分粗糙而不适宜于处理人类行为的实际复杂性。但在各种失败中，行为主义者并没有垄断权；如已指明的那样，把行为主义接受为一种方法论的探讨，并不必然接受任何特定的实质性理论。

作为对行为主义的大量批评之基础的一个假定是，一位始终如一的行为主义者必须否定“主观的”或“私人的”精神状态的真正存在；因此简单地讨论这一论点是恰当的。首先，大概每一个人都认识到比如说在一个直接感受到的痛和处于这一痛的公开行为表现（如呻吟或肌肉痉挛）之间的区分。把这种区分拒斥为无效的人，无论是谁，都是在反驳一个得到充分证实而难以经受严重怀疑的事实。但其次，一个行为主义者若要保持一致，则

① F·A·哈耶克，《科学的反革命》，伊利诺斯，1952年，第45页。

② L·冯·米塞斯，《理论与历史》，纽黑文，康涅狄格，1975年，第246页。

他不是被迫放弃这些熟悉的区分，就是被迫抛弃其方法论见解的中心公设。因为他不必是一个“还原的唯物论者”，对于后者来说，“痛”这个词（或其他公认的“主观”词项）同义于某些表达式，这些表达式只包含那些不可错地属于物理学语言、生理学语言或者一般逻辑的词项。相反，他被耐心地劝告拒斥这一还原论点，因为该论点把物理学或生理学中确立起来的事实与在对意义关系的逻辑研究中确立起来的类型上迥然相异的事实混淆起来，这样，它承诺了通常在另一个语境中犯的错误，比如说，当把“红”这一词（当在当前以及早在光的电磁理论出现以前它被用于指谓一种可见色彩时）的意义等同于比如说“具有近似为7100埃单位波长的电磁振荡时。”[①] 确实拒斥这一错误论点的行为主义者因此就很容易承认，人们可以有情感、意象、观念或计划；承认在如下意义上这些心理状态是产生这些状态的个体的“私人”状态，即只有这个个体才能直接体验到它们的产生，由于他的身体具有的与那些状态的特许关系；这样就承认一个人一般可以证明自己处于某一心理状态，而毋需审视自己身体的可观察状态（如他的面部表情或他自己的言语），虽然他人只有依据这些审视才能确定他是否处于那个状态。[②]

然而，这一行为主义者也作出如下一系列假设：心理状态只

---

① 对这一问题的讨论，见第11章。

② 究竟需要多少确认证据才能保证接受一个陈述，这是一个不存在普遍解决的困难问题。无疑存在着许多少量的确认证据便足以满足的情形，因此额外证据有时被看作是多余的。内省陈述通常就属于这一类，尽管不是一切内省陈述都如此，因为它们实际上可能是假的，只是在精心控制之下它们有时才被接受为真。但在依据稀少的支持证据来接受陈述上，内省陈述不是独一无二的。因此，观察到蓝色石蕊纸在浸入一种液体时变红的化学家，可以断言石蕊纸实际上已变红，那种液体是酸。而且，他可能认为寻找进一步的证据支持这些看法简直是在浪费时间，即使可以发现支持其陈述的额外证据。

在具有一定类型组织的身体中才出现；这些状态只是身体的“附属”状态，而不是栖居于身体中的实体性媒介（或“实体”）；一个心理状态在身体中的出现总是伴随着某些公开的公共可观察行为（往往是在宏观水平上或“克分子”水平上）；这些公开行为（包括言语应答）是建立关于人的全面经验之结论的可靠基础；对公开行为的观察不仅是人们具有的关于他人的经验和行动的唯一信息源，而且一般来说它还提供乃至关于一个人自己的特性和能力之结论的资料，这种资料比心理状态的内省分析提供的资料更可靠。因此一位行为主义者可以并非不一致地认为，确实存在诸如私人心理状态这样的东西，不过他也认为，对公开行为的受控研究是获得关于个体行动和社会行动之可靠知识的唯一可靠途径。

此外，虽然某些当代的行为主义者相信可以发展这样一门关于人的科学，它只采用可以按照人的宏观行为（即“克分子”行为）来“规定”的区分，但在行为主义的方法论方针中，没有什么东西阻止甚至这样的行为主义者也会采纳这种心理学理论，它们以各种不对直接的公共观察开放的机制为公设。许多这样的行为主义者事实上的确认同这种理论。也有一些这样的行为主义者，他们虽然不否认心理状态的*存在*，但试图发展那种其一切词项都完全指称物理的、化学的，或者生理的状态和过程（无论是克分子的还是分子的）的理论。属于这一范畴的行为主义者因此敌视那些参照各种“精神主义”现象来意欲*说明*人的公开行为的心理学理论（如援引“主观”意图或目的来说明人的公开行为的理论）。这种类型的行为主义显然是一个理论研究和实验研究纲领，可与生物学中机械论者的纲领相比较，它希望通过把心理学“还原”到其他科学，从而获得一个综合性的说明人的行为的体系。这一纲领的目标一定还没有实现，而且可能决不会

实现。但如果这一纲领还没有把得到充分证实的人类行为方式,作为在某种意义上是"非真实的"东西而遣散掉——它也没有什么固有的理由非要这样做——则也不能按照先验的理由把它拒斥为非法的或内在荒谬的。

因此要回避如下结论是很困难的,这就是,对于人的目的性行为的研究来说,作为一种方法论方针的行为主义(以别于作为那种关于人的行为的某个实质性的具体理论的行为主义)并非是内在不合适的,因此,那些断言行为主义的研究方法对于社会科学的题材本质上是不合适的反复重申的主张,是没有坚实可靠的基础的。

3. 但不管怎样,让我们假设社会科学的独特目的是按照"有意义的"范畴来"理解"社会现象,由此社会科学家试图通过把各种"主观"状态归因于那些参与社会过程的人类中介来说明这些现象。这样有待考察的关键问题便是:这种归因是否涉及到使用这样的逻辑准则,它们不同于与把"客观"特性赋予其他研究领域中的事物相联系而采用的那些准则。

在讨论这一问题时,列举一些对人的行动的"有意义的"说明的例子将大有裨益。我们从如下简单的例子入手,在这一例子中,作者强调:

> 在一阵风之前飞舞的一张纸和从一群正在追逐的人面前飞逃而过的一个人〔之间的本质差别〕。纸不知恐惧,风也不知仇恨,但若没有恐惧和仇恨,这个人不会飞快逃走,那群人也不会追逐。如果我们要把恐惧还原为其身体的伴随状况,则我们只是以被表示为恐惧的实在代替这些伴随状况。我们为了一个理论而剥夺了意义的世界,但这一理论本身还是一个虚假的意义,

它却剥夺了我们的一切。我们只有在经验的层次上才能解释经验。[1]

一位历史学家提供了一个更复杂的例证，他认为：

我们拒斥如下理论，即18世纪的知识分子运动是法国大革命的唯一原因，因为我们知道有大量的工人、农民，以及缺乏任何哲学教条或政治教条知识的无知群众参与了这次动荡；通过与我们的个人经验进行类比，我们认为，如果我们天真无知，如果我们要反叛我们所生活的社会，则我们进行革命活动的原因不应该追溯到意识形态的冲击，而应该追溯到其他原因——比如，追溯到经济弊病。另一方面，我们认为在法国大革命的原因之中，在革命之前的半个世纪，在法国发展起来的哲学教条和政治教条应算得上数，因为我们已注意到，在摧毁旧政权时，有教养的阶层不断地援引这些教条；与我们个人经验的类比又导致我们认为，在参加一个革命运动时，我们之中没有谁会公开声称那事实上不属于我们信念之一个要素的哲学教条和政治教条。历史学家和社会科学家的所有这些推理，都可以还原到与我们内在经验相类比的这一共同标准，而〔自然〕科学家则缺乏这种类比的帮助。[2]

---

① R·M·麦基弗：《社会》，纽约，1931年，第530页。

② 盖塔诺·萨尔维米尼：《历史学家和科学家》，坎布里奇，马萨诸塞州，1939年，第71页。

但充当对社会现象的“有意义”说明的经典模型的例子，是马克斯·韦伯对现代资本主义的煞费心机的论述，在这一论述中，他把这种经济事业的发展至少部分地归咎于宗教信仰的扩张，归咎于与新教的禁欲主义形式相联系的实际行为准则。[①]韦伯的讨论太详细，不允许作一简单总结。但其论证(及其他“富有意义”的说明)的结构可以由下面的抽象模式来表达。假设一个社会现象E(如现代资本主义事业的发展)被发现是在一组复杂的社会条件C(比如某些宗教团体中人数的扩张，如那些信奉加尔文教的宗教团体)下产生的，这里参与C的一些个体一般地也参与E。[②] 但参与E的个体被认为承诺了某些价值(或处于一定的“主观”状态)V_E(比如他们褒扬诚实，秩序和有节制的劳动)；参与C的个体被假定处于主观状态V_C(比如他们相信那拥有一个世界呼声的神)。但按照我们在我们自己的个人经验中发现的动机模式——例如，通过反思我们的情感、价值、信念和行动是如何联系在一起的，我们逐渐认识到，相信一个人的生活使命是由命运注定的和相信一个人的生活不应以慵懒或自我放纵为标志之间的密切联系——V_C和V_E也能被断定是“有意义地”关联的。因此，通过把主观状态赋予从事E和C的当事人，我们能够“理解”何以E正是在条件C下产生，这种产生不仅仅是现象的纯粹同时发生或相继发生，而且就是主观状态的表现形式，而从对我们自己的情感状态和认知状态的考虑来看，这些主观状态之间的相互关联颇为我们熟悉。

这些例子表明，有意义的“说明总是采纳两种与目前的讨论

---

① 马克斯·韦伯：《新教伦理与资本主义精神》，伦敦，1930年(该书已有中译本——译者)。

② 韦伯试图表明E在C缺乏时就不产生了，但这点与现代讨论的专门问题不直接相关。

尤其有关的假定:一种假定是单称形式的,它刻划指定个体在既定时间处于一定的心理状态(如在第一段引文中的这个假定:那群人对他们追逐的那个人有满腔仇恨);另一种假定是全称形式的,它阐述心理状态之间相互关联的方式及它们与公开行为相联系的方式(如在第二段引文中的这一假定:参与革命运动的人不公开承认一个政治教条,除非他们相信它)。但这些假定中没有一个是自我明证的,但若要使说明(这些假说构成它们的一部分)不只是不受控制的想象的发挥,则它们都需要证据。对于有关他人的态度和行动的假定来说,往往难以获得足够证据;这种证据之获得,一定不是通过情绪的自我内省,不是通过考察一个人自己的信念(这些信念关系到自己的情绪如何能够在公开行动中显示),正如"解释性"说明的倡导者自己经常强调的那样(如韦伯对说明力和阐释的强调)。我们可以想象我们自己是小麦贸易商,猜测倘若我们面临在不断涨落的小麦市场上需要采取果断行动的一些问题,我们将采纳什么行动路线。但猜测不是事实。我们可以赋予该商人的那些情绪或设想,不是与他实际具有的情绪或设想不相吻合,就是即使二者应该吻合,但结果他所表现出的行为,与我们已经设想的行动路线全然不同,而后者是在假定的情形下应采纳的"合理"行动。人类学的历史充分表明,当不经进一步审查就把适合于描述熟悉的社会过程的诸范畴外推到陌生文化的研究时,便会铸成大错。如下这个习以为常的主张也没有可靠的基础,这就是,对我们由此具有个人经验的心理过程之间的依赖关系的理解,对心理过程和在其中可能显示出来的公开行为之间依赖关系的理解,比对非心理事件和过程之间的任何依赖关系的理解,更清晰地"洞察"了它们存在的本质。与理解当太阳光从某一角度穿透雨滴时何以产生虹相比,我们确实更充分地、具有更强的得到保证的确定性地理解

了为何凌辱倾向于产生愤怒吗?

此外,一个社会科学家不能说明人们的行动,除非他自己已经验到那些他赋予人们的心理状态,或者除非他能在想象中成功地再现这些状态,但这一点毫不明显。一位精神病学家为了有能力研究精神病,难道他至少必须发狂吗?一位历史学家若不能在想象中重新捕获那种可能已经激起了像希特勒这样的人的狂暴仇恨,他难道就不能说明希特勒引起的经历和社会变化吗?脾气温顺情绪稳定的社会科学家难道就不能理解大规模的歇斯底里症,成为惯常行为的性放荡,或病态的贪恋权力现象?事实证据一定不支持这些类似假设。实际上,关于"常识事务",关于专门化的自然科学方法和社会科学方法所探究的材料的论述性知识——即可以以命题形式陈述的知识——不是具有感觉、意象,或感情(无论是强烈的还是微弱的)的问题;这种知识既不在于以某一无法言喻的方式把自己等同于知识对象,也不在于以某种直接体验的方式再现知识素材。另一方面,论述性知识是对某一素材的那些经过选择的方面的符号表述;它是一个过程的产物,这一过程的目的是为了精心表述一个素材的诸特性之间的关系,这样在表述中提到的一组特性,就可以被看作是所提到的其他特性的可靠标记。作为它得到保证的一个必要条件,它包含着这一可能性:通过受控感性观察证实这些表述,而这些观察正是准备努力证实它们的人获得的。

因此我们能够知道从一群为仇恨激发的人面前飞逃而过的那个人处于一个恐惧状态,即使我们没有经历过这种巨大的恐惧和敌意,或即使我们自己没有想象地再现这些情感——正如我们知道一段导线的温度正升高,因为构成它的分子的速率正增大,而毋需想象一个迅速运动的分子是怎么样的。在这两个例子中,不能直接观察到的"内在状态"都被赋予了那种在其行

为的说明中提及的对象。因此，如果我们能正确地声称，知道人们的确具有赋予他们的状态，而拥有这些状态便倾向于产生指定的行为方式，那么，我们能这样做，不过是根据对“客观”现象的观察得到的证据——在一个情形中，通过观察人的公开行为（包括人的言语应答），在另一情形中，通过观察纯粹的物理变化。在这两种情形中，在被赋予的状态的专门特性之间，的确存在着重大差异：在人类活动者的情形中，状态是心理状态或“主观”状态，进行这种赋予的社会科学家，实际上具有对这些状态的第一手的个人经验，但在导线以及其他非生命对象的情形中，就不是这样了。不过，尽管存在这些差异，关键之点在于，在评价心理状态赋予的客观证据时，认真负责的社会科学家所采用的逻辑准则，看来在本质上并非不同于其他领域的研究者由于类似的目的而采用的逻辑准则，虽然社会科学家对它们的应用可能不太严格。

总之，不像研究非生命世界的学者，通过富有同情心的想象，社会科学家能把自己抛入他在力图理解的现象之中，这个事实只与他的说明假说的起因有关，而与这些假说的有效性无关。通过移情作用，他与某个社会过程中的活动者保持一定关系的能力，在他创造将对那个过程进行说明的合适假说的努力中，实际上具有重要的启发价值。不过，他与那些人的移情上的同一，本身并不构成知识。他取得这种同一，这个事实并不排除对客观证据的需要，即需要证据支持他对那些人的主观状态的赋予，[①] 当然，要按照一切受控研究共同具有的逻辑准则来评价这个证据。

---

① 西奥多·阿贝尔讨论了想象性同一的启发功能，见其“称为 Verstehen（德文，‘理解’）的活动”，载《美国社会学杂志》，第 54 卷（1948 年），第 211—218 页。

五、社会研究的价值导向偏见

最后，我们转向社会科学据说由于如下缘故而面临的困难，这就是，研究社会现象的学者所承诺的社会价值不仅渲染了他们发现的内容，而且控制着他们对他们赖以建立其结论的证据的评价。由于社会科学家在他们的价值承诺上一般各不相同，因此在自然科学中遍布如此之广的"价值中立性"，在社会研究中便被看作梦幻。在许多思想家看来，在确认的事实以及对它们的令人满意的说明这一点上，要指望社会科学显示自然科学家中如此共同的一致性，那是荒谬的。让我们考察提出来支持这些论点的一些理由。区分这样四组理由是方便的，这样我们的讨论将依次处理价值判断在如下四方面中所说的作用：(1)问题的选择，(2)结论内容的确定，(3)事实的鉴定，(4)证据的评判。

1．最频繁引用的理由构成如下事实：社会科学家为了研究而选择的东西是由他的这一观念决定的，即社会上重要的价值是什么。比如，按照一个有影响的观点，人类事务的研究者只处理那些他赋予其"文化意义"的材料，因而"价值导向"在他对研究材料的选择中是内在固有的。这样，虽然马克斯·韦伯是"不受价值束缚的"社会科学的积极倡导者——也就是说，他认为社会科学家必须意识到(或"理解")在他们讨论的行动或制度中涉及到的价值，但作为客观的科学家，赞同或非难那些价值或者那些行动和制度，不是他们的任务——不过他论证道：

文化的概念是一个价值概念。经验实在对我们来

> 说变成"文化",因为我们把它与价值观念联系起来,而且仅就这样联系起来而论。它包括实在的那些片断,而且正是由于这种价值相关性,那些片断对我们来说才变得有意义。只是现存的具体实在的一小部分受我们价值调控的兴趣渲染,只有这一部分对我们来说有意义。它有意义,乃是因为它揭示了那些由于与我们的价值相联系而对我们来说变得重要的关系。唯有如此而且正是在这个程度上,我们费些精力在它的个别特点中了解它是值得的。然而,我们不能通过对经验资料的"无预设的"分析,来发现那对我们来说有意义的东西。相反,对我们来说,对它的有意义性的领悟就是它变成我们的研究对象的先决条件。[1]

说人类事务的研究者,像任何其他研究领域的学者一样,并不对一切事物都进行分析,而只是把注意力指向具体实在那不可竭尽的内容的某些经过选择的部分,这大概是一个老生常谈。此外,如果只是为了论证起见,让我们接受这一主张:社会科学家完全致力于那些由于与其文化价值的相关性而被他认为是重要的问题。[2] 但不清楚的是何以如下事实对于社会研究的逻辑比对于其他研究部门的逻辑更为重要,这就是,一位研究者是按照令他感兴趣、且在他看来与他认为是重要的东西有关系的问题来选择材料的。比如,一位经济学家可能相信,自由经济市场体现了一种主要的人类价值,他可能提出证据表明某些人类活动是自由市场的永存所必不可少的。如果他关心维持这种经济

① 马克斯·韦伯:《社会科学方法论》,伊利诺斯,1947年,第76页。

② 这个问题在以下对第4个困难的讨论中将得到一些关注。

而不是其他某种经济的过程，那么，他是否已合适地评价支持其结论的证据，对于这一问题来说，以上这一事实怎么比如下事实对类似问题的影响更有关呢？这个事实是：一位生理学家可能关心维持体内某一恒定温度而不是维持某种其他东西的过程。为了决定其存在的条件或后果，一位社会科学家为研究选择的东西实际上可能依赖于这一无可争辩的事实：他是一个“文化的存在物”。但类似地，如果我们不是人，虽然我们仍能处理科学研究，那么，可以设想，我们的兴趣可能既不在维持自由市场的条件上，又不在体内温度的自动平衡所涉及的过程上，因此也不在调节潮汐高度、季节交替、植物运动的机理上。

总之，科学家的兴趣决定了他对研究材料的选择，相对于这个事实来说，任何科学之间都没有差异。在任何研究部门成功地追求客观上受控的探究中，这个事实本身并不构成任何障碍。

2．对于社会研究的价值导向特征给出的一个较有实质性的理由是：由于社会科学家受正确与错误之考虑的影响，他自己有关什么构成令人满意的社会秩序的观念，他的个人正义和社会正义标准，事实上确实进入了他对社会现象的分析之中。例如，按照这一论证的一个变种，人类学家经常要判断某一社会所采取的手段是否取得了预期的目标（如一个宗教仪式是否的确产生了履行这一仪式目的要达到的繁殖力的增加）；在许多情形中，手段的合适性必须由公认的“相对”标准来判断，也就是，按照那个社会寻求的目的或采取的标准，而不是按照人类学家自己的标准，来加以判断。不过，尽管这一论证是这样说的，但也有一些情形，在这些情形中：

> 我们必须运用绝对的合适性标准，这就是说，按照我们相信或设定的目的来评价行为的结果。这首先产生于

> 我们谈论由任何文化提供的心理—物理“需要”的满足时；其次，这产生于我们评判社会事实对生存的影响时；第三，这产生于我们对社会统一和社会稳定性进行表态时。在每一情形中，我们的陈述都蕴含着这样的判断，这些判断涉及到行动的合算性，涉及到对生活问题的“好的”或“坏的”文化解决，以及涉及到“正常的”和“反常的”事态。这些都是在社会研究的范围之外我们无法作出的基本判断，它们显然并不表示研究者纯粹的个人哲学或任意假定的价值。相反，它们发源于人类思想的历史——那种人类学家如同其他人一样很难使自己与之隔离开来的历史。但当这一人类思想史已导致的不是一个哲学而是几个哲学时，隐含在我们思想方式之中的态度便会有所不同，有时乃至相互抵触。①

此外，经常已注意到，社会现象的研究是从强烈的道德激情和改革热情中受到大量激励的，因而在社会科学中，许多表面上“客观的”分析其实是对社会政策的伪装的推荐。正如一个典型但温和地表达的陈述所表明的那样，一位社会科学家

> 无法完全把作为一个科学家的理论、指导他对人类行

① S·F·纳德尔：《社会人类学基础》，伊利诺斯，1951年，第53—54页。有时也提出这一主张：把价值判断从社会科学中排除这是不合意乃至不可能的。“我们不能无视一切有关社会渴望的东西究竟是什么的问题而不丢失许多社会事实的意义；因为，由于手段与目的的关系是部分与整体的关系的特殊形式，因此对社会目的的沉思能使我们明白总体事实之间的关系，明白它们与它们作为一部分的更大的系统的关系。”——莫里斯·R·科恩：《理性与自然》，纽约，1931年，第343页。

为进行详细研究的统一的社会结构，与作为一个公民的理想，他认为应该在人类事务中盛行且希望有时能得到充分实现的统一结构分裂开来。因此他的社会理论本质上是沿着两条路线的一个行动纲领，这两条路线由该理论保持某种程度的和谐，而对这两条行动路线来说，一种是为了进行系统的理解而对社会事实进行吸收的行动，另一种是旨在于逐渐塑造社会模式的行动——就他能影响这一模式，并进入他认为它应该所是的那个样子而论。[①]

社会科学家其实往往把他们自己的价值引入社会现象的分析中，这点确实无庸置疑。同样确定无疑正确的是，甚至这样一些思想家有时其实也在其社会研究中进行价值判断，尽管他们相信能够以那种表征几何关系或物理关系之现代探究的伦理中立性来研究人类事务，尽管他们往往以其对社会现象的分析不涉及价值判断而感到自豪。[②] 但如下这点也并非不够明显，即，人类事务的研究者往往抱有冲突的价值；他们在价值问题上的分歧经常是在事实问题上的分歧的来源；即使假设价值预言不能固有地被客观证据证实或否证，但在社会科学家当中，至少在价值判断上的分歧，事实上不是通过受控实验方法就能够消除的。

不管怎样，在绝大多数研究领域，要使我们的结论免受我们的喜爱、厌恶、希望、恐惧的渲染，实非易事。发展那种有助于保

---

① 埃德温·A·伯特：《正确的思维》，纽约，1946 年，第 522 页。

② 一个占有充分资料的论述，看冈纳·米尔达尔：《社会理论中的价值》，伦敦，1958 年，第 134—152 页。

卫自然科学研究不受个人因素侵袭的习惯和技术，已耗费了数个世纪的努力；但甚至在这些领域，那些方法给予的保护既非确实可靠也非周密完备。在人类事务的研究中，问题无疑更为尖锐，必须承认在社会科学中为获得可靠知识而造成的重重困难。

但只有依据如下假定才能理解这个问题，这就是，在事实判断和价值判断之间存在着一个相对清晰的区分，不管判定一个既定的陈述是否具有纯粹的事实内容有时是多么困难，但这样做原则上是可能的。这样，只有当能够区分对理论理解（它的事实有效性大概不依赖于社会科学家认同的那种社会理想）的贡献和对某个社会理想（它可能并不为一切社会科学家接受）之传播或实现的贡献时，社会科学家正在追求以上引文中提到的双重纲领这一主张才有道理。因此，由于这一事实，即社会科学家在其价值导向上各有不同，在获得可靠的社会事务知识的道路上存在的不可置否的困难，便是实际困难。这些困难不必然是不可逾越的，因为按照假设，不是不可能区分事实和价值，当一个价值偏见产生时，可以采取一些步骤来鉴定它，缩小（若不是完全排除的话）它的干扰影响。

通常推荐的一个对策便是：社会科学家摒弃他们不受一切偏见约束这一矫饰，相反，他们应该尽可能充分明确地阐明他们的价值假定。[①] 这个建议不是假设，一旦明确设定了社会理想，社会科学家在这些理想上最终就会达成一致，或者他们在价值上的分歧就可以通过科学研究来解决。它的要点是，如何实现一个特定理想的问题，或者某个制度的制定是不是获得这个理想的有效方式的问题，乍一看来不是一个价值问题，而是一个事

---

① 如参见S·F·纳德尔，同前引；也见冈纳·米尔达尔，同前引，以及他的《经济理论发展中的政治要素》，坎布里奇，1954年，尤其是第8章。

实问题，这个事实问题关系到为了获得规定的目的而提出的手段的合适性，它要由客观的科学研究方法来解决。因此，在是否指望得到这样一个社会——在这个社会中，每个社会成员的经济需求都能得到保证——上，经济学家们可能永远都不会取得一致，因为他们的分歧的根源是在对不同社会价值的刻意偏爱上。但当经济研究使得充分证据的获得成为可能时，经济学家们大概就会在这个事实命题上达到一致，即若要获得这样的社会，仅有一个纯竞争性的经济体制是不够的。

社会科学家充分阐明其价值承诺，这无疑是有益的，而且能产生富有成效的结果，然而，这只不过是一个濒于完美的意图。我们在很大程度上没有意识到许多进入我们的分析和行动中的假定，因此即使我们坚定不移地使我们的先人之见明确，但其中一些决定性的先见可能并不为我们所接近。无论如何，对于科学研究来说，由无意识的偏见和不言而喻的价值导向所产生的困难，很难通过那种排除偏见的诚恳解决就能被克服。只有通过作为一个社会事业的科学的那种自校正机制才能逐渐克服这些困难。因为现代科学鼓励思想观念的创新和交流，鼓励自由但负责任的批评；它欢迎独立的研究者之间在知识探求上的竞争，甚至当他们的理智导向不同时；通过只保留那些在其研究中提出的、经受了一个无限大的学者（不论他们的价值倾向或教条承诺是什么）团体的严峻考验的结论，现代科学便逐渐削弱偏见的影响。但声称对得到保证的信念进行筛选的制度化机制在社会研究中如同在自然科学中一样行之有效，则是荒谬的。但推断说得不到关于人类事务的可靠知识，只因为社会研究往往是价值导向的，这也并非不够荒谬。

3. 对如下观点有一个更精致的论证，此观点即，社会科学不可能是无价值约束的。这个论证认为，当分析目的性行为时，

在以上讨论中假定的那种事实与价值的区分便站不住脚了，因为在这一情形中，价值判断无法摆脱地进入看似“纯描述性的”(或事实的)陈述之中。因此，认同这一论点的那些人声称，一门伦理上中立的社会科学是不可能的，而不仅仅是难以获得。因为事实和价值若是这样融合在一起，以致于甚至不能区分他们，那么，就不能把价值判断从社会科学中排除掉，除非也要把一切论断从它们之中排除掉，因而除非这些科学完全消失。

比如，有人论辩说，研究人类事务的学者必须区分有价值的社会活动形式和不合需要的社会活动形式，如果不这样做，他们就无法担当忠实可靠地提出社会现象这个“平凡的责任”。

> 人们会在法庭外面嘲笑那个声称已写了一本艺术社会学但实际上写的是一本废物社会学的人吗？这位宗教社会学家[①]必须区分具有一个宗教特性的现象和是一个宗教的现象。为了能够进行这种区分，他必须理解宗教是什么。……这种理解能使他并且强迫他区分真正的宗教和假造的宗教，区分高级的宗教和低级的宗教；这些宗教是高级的，就其中特殊的宗教动机是在一较高的水平上生效的而论。……这位宗教社会学家不禁会注意到那些试图通过心灵的变化而获得宗教情绪的人之间的差异。但如果同时看不到功利态度和非功利态度之间的差异，他怎么能看到这种差异呢？……在社会科学中，反对价值判断的禁令会导致这一结果——我们获准对在集中营中能够观察到的公开行为给出一个严格的事实描述，也许还能对所涉及

① 指马克斯·韦伯。——译者

到的活动者的动机给出一个同样是事实的分析，但我们不会被允准谈论残酷。凡读过这种描述的人，如果不完全痴呆的话，当然都会明白这里描述的行动是残酷的。事实描述确实是一幅辛辣的讽刺画。声称是一个直截了当的报告的东西，会成为不同寻常的迂回说法。……如果不认识如下事实，即对询问的许多回答是由蒙昧无知、欺诈无理的人给出的，不仅仅是那些少量的问题才由具有同样口径的人来表述，那么，人们能够谈论与民意测验结果有关的东西吗——如果人们不一个接一个地承诺价值判断，他们能对这样的结果说些什么呢？①

此外，在以上讨论的获得伦理中立性的建议中蕴含的假定，往往作为天真无望的假定而被拒斥，回想一下，这个假定是这样的：毋需对目的表态即可建立目的与手段的关系，这样关于这种关系的社会研究的结论，就是对价值进行条件断言而不是范畴断言的客观陈述。据其批评者说，这个假定取决于如下推测，即人们只把价值与其寻求的目的相联系，而不使价值与实现其目的的手段相联系。但据称这一推测犯了严重错误。因为人们采取来保证某一目标的手段的特性会影响总体结果的实质；为获得一个既定目的，人们在可能手段之间进行的选择，取决于他们赋予那些抉择的价值。因此，据说甚至在那些看似有关手段—

---

① 利奥·斯特劳斯："马克斯·韦伯的社会科学"，《权衡》杂志，第2卷(1951)，第211—214页。有关该问题对法哲学之影响的讨论，参见朗·富勒："人的目的和自然律"，《自然律论坛》，第3卷(1958)，第68—76页；拙文："论事实与价值的融合：对富勒教授的答复"，同上，第77—82页；朗·L·富勒："对内格尔教授的反驳"，同上，第83—104页；拙文："事实、价值和人的目的"，《自然律论坛》，第4卷(1959)，第26—43页。

目的关系的纯事实陈述中，也涉及到对价值评判的承诺。[1]

我们不想详细评价这个复杂论证，因为对它所提出的大量问题的讨论会把我们带到过分遥远的战场。但毋需进一步评注其论证过程中提出的三个主张，就可以认为它们无疑是正确的。这三个主张是：有时被看作是对社会现象的纯粹事实描述的大量特征，实际上是表述了一种价值判断；区分社会科学中采用的许多词项的纯粹事实内容和“评价性”内容，不仅困难，且往往不方便；价值通常不仅与目的相联系，也与手段相联系。但这些允诺并不保证这一结论：用一种人的目的性行为之研究独有的方式，便能超越于区分事实与价值的可能性而把它们融合起来。相反，如同我们将试图表明的那样，存在着这样一种融合，因此一门不受价值约束的社会科学是内在荒谬的这一主张，混淆了“价值判断”这个术语的两个极为不同的意义：一个意义是，一个价值判断由于承诺了某个道德理想（或社会理想），从而表达了对这个理想或某个行动（或制度）的认可或非难；另一个意义是，一个价值判断表示对某个公认的（以及多少得到明确规定的）行动、目标或制度在一个特定的实例中得到体现的程度的评估。

首先用一个取自于生物学的例子来阐明这两种意义的“价值判断”，这是有益的。有血液的动物有时显示了那种称为“贫血症”的状况。一个贫血的动物其红细胞的数目降低，这样，与其物种的那些具有“正常”的血细胞供给的成员相比，它便不太有能力维持体内恒温。但尽管可以很清楚地阐明“贫血症”这一术语的意义，事实上这个术语并没有得到完全精确的定义；例如，进入该术语的定义中的红细胞的“正常”数目的概念本身便有点模糊，由于这个数目随着一个物种的个别成员而变化，随着

---

[1] 参见冈纳·米尔达尔：《社会理论中的价值》，第 X Xii 页，第 211—213 页。

一既定成员在不同时间的状态(如其年龄或居住高度)而变化。但不管怎样,为决定一既定动物是否贫血,一位研究者必须判断可得到的证据是否保证该样本贫血的结论。[①] 他可能会认为贫血症有几种不同的类型(如实际医学实践认为的那样),或可能会认为贫血症是一种能以或大或小的完全性实现的病状(正如某些平面曲线有时被描述为或好或坏地接近于几何学中定义的圆一样);由于取决于他采纳这些概念中的哪一个,故他可能决定要么其样本有某一类型的贫血症,要么它只是在某一程度上贫血。当该研究者达到一个结论时,在如下意义上可以说他作出了一个"价值判断",即他已记住了那种被称为"贫血症"的东西的某种标准化的生理状况,并且,他以这一假定标准所提供的尺度来评判他对其样本的了解。为便于参考,让我们把对证据的这种评价——它推断既定的特征在某种程度上出现(或不出现)于既定的实例中——称为"表征性价值判断"。

另一方面,这位学者可能也作出一种相当不同的价值判断,这种判断断言,由于贫血动物维持自己的能力降低,故贫血症是一个不受欢迎的症状。这样,他可能把这个普遍判断应用于具体情况,最终为一个动物患了贫血症感到痛惜。让我们把这种评价——它推断某个设想的事态或实际事态值得认同或非难——称为"评价性价值判断"。[②] 显然,一位作出表征性价值

---

① 证据往往是取自于该动物血液的样品中的红细胞的一个计数。然而应注意到,"红细胞计数只给出每单位血量的细胞数目的一个估计",并没有指出身体中红细胞的总供给是升高还是降低。——查尔斯·H·贝斯特和诺尔曼·B·泰勒:《医学实践的生理学基础》,第6版,巴尔的摩,1955年,第11、17页。

② 至于在这种判断据以立足的根据上应采取什么观点——它们是任意的偏爱,是对"客观"价值的直观,是范畴道德律令,还是在价值论史上已提出来的任何别的东西——这与目前的讨论无关。因为在正文中作出的这一区分,不依赖于任何关于评价性价值判断——不管这些判断是不是"根本"——之基础的具体假定。

判断的研究者,因而并非在逻辑上也一定要证实或否认一个相应的评价性估价。他不能始终如一地作出一个关于既定实例的评价性价值判断(如不希望一个特定动物继续处于贫血),除非他能独立于这一评价性判断来证实关于该实例的一个表征性判断(如该动物贫血),这一点也并非不够明显。因此,虽然表征性判断必然由许多评价性判断来保证,但做出评价性判断不是做出表征性判断的必要条件。

现在让我们把这一区分应用于以上引文中提出的一些论点。首先考虑这一主张:宗教社会学家必须认识到功利态度和非功利态度之间的差异,因此他不可避免地在承诺某些价值。这些态度通常是被区分的,这点一定无可争议;一位宗教社会学家需要理解这些态度之间的差异,这点也得到同意。在这点上,宗教社会学家的责任很像动物生理学家的责任,后者也必须了解某些区分,即使一般的外行不太熟悉生理学家在比如说贫血和不贫血之间的区分,而这种区分无论如何比在功利态度和非功利态度之间的区分更精确。实际上,由于后面这些词项的模糊性,审慎的社会学家会发现,很难决定某个共同体对其所承认的神的态度是否被表征为功利的;如果他最终应作出决定,他可能把他的结论建立在对那个共同体的明显行为的某种表达不清的"总体印象"之上,而无法精确阐明其决断的详细理由。但不管怎样,声称一个特定的宗教群体显示的态度是功利态度的社会学家,正如声称某一个人患了贫血症的生理学家一样,正在作出一个基本上是表征性价值判断的东西。在作出这些判断时,除了承诺科学诚实的价值外,社会学家和生理学家都不必承诺其他价值;因此,就此而论,在社会研究和生物(或物理)研究之间似乎并无差异。

另一方面,在把各种行动表征为功利的、残忍的或欺诈的

时，社会学家经常（虽然可能不总是有意地）断定评价性价值判断和表征性价值判断。“功利的”、“残忍的”或“欺诈的”这类通常使用的词语有一种广泛认识到的贬意。故而对于采用这类词语来刻划人的行为特征的人来说，通常可以认为他是在阐述他对那一行为的非难（或他的认同，当他使用“非功利的”、“善意的”、“忠诚的”这类词语时），而不仅仅是在表征那一行为。

尽管由社会科学家断言的许多（但一定不是一切）明显的表征性陈述无疑表示对各种价值（它们不总是可比较的）的承诺，但自然科学家在某些情形中使用的一些“纯描述性”术语，有时也具有不折不扣的评价性价值涵义。这样，当一位社会科学家把对询问进行回答的人表征为愚昧、狡诈或无理时，他正在做评价性价值判断，这个主张与如下这个同样可靠的主张相称，即当一位物理学家把一台天文钟描述为不精确、把一个水泵描述为缺乏效率、或者把一个平台描述为不稳定时，他也是在作评价性价值判断。在这个例子中，像社会科学家一样，物理学家是在表征其研究领域中的某些对象；但也像社会科学家一样，此外他也在表示他对他赋予那些对象的特征的非难。

不过——这也是目前讨论的要点——没有充分的理由认为，区分在许多陈述（不管这些陈述是人类事务的研究者断言的，还是自然科学家断言的）中隐含的表征性价值判断和评价性价值判断，那本来就是不可能的。确实，在社会科学中，要使这一区分形式上明确也并非总是易事，究其原因，部分在于社会科学中使用的大量语言极其模糊，部分在于那些可能隐含在一个陈述中的评价性判断，当它们是我们实际上承诺但又没有意识到这种承诺的判断时，被我们忽视了。而完成这项任务也不总是有用的或方便的。因为许多暗中包含表征性评价和评价性评价的陈述，有时足够明确，从而毋需以这一任务所要求的方式来

予以重新表述;对于在一个庞大且不同样有准备的学术团体的成员之间的有效交流来说,这些重新表述往往过于笨重。但在本质上来说,重新表述是实际问题而非理论问题。它们引起的困难并没有提供支持如下主张的强制性理由,即一门伦理上保持中立的社会科学是内在不可能的。

由于价值不仅与目的相联系,而且还往往与手段相联系,故关于目的—手段关系的陈述并非不受价值的约束,这一论证也没有什么力量。让我们以一个简单例子来检验这一论证。假设对小车有一迫切需要但又没有充足的现款来买一辆车的人,可以通过或从银行或从不要求支付利润的朋友那儿借一点钱来凑足总数。进一步假设他不喜欢因受惠于钱的支助而感激他的朋友,他偏爱于向银行贷款,因为这种方式与个人之间的情感纠缠无关。这样,为实现此目的,他置于他可得到的各种可能手段之上的比较价值明显地支配着对手段的选择。现在,他采纳了一个手段而导致的总体后果,公认不同于他采纳了另一个手段而导致的总体后果。不过,不管他可能赋予这种种手段的价值如何,每一个这样的手段都会获得一个对这两个总体后果来说是共同的结果,即他买到了他所需要的汽车。因此,他能够通过向银行贷款买车这一陈述的有效性,以及他能够通过向朋友借钱实现买车目的这一陈述的有效性,是不受他对手段的价值评判的影响的,因而这两个陈述都不包含专门的评价性评价。简言之,关于目的—手段关系的陈述是不受价值约束的。

4. 还有待考虑的一个主张是:一门不受价值约束的社会科学是不可能的,因为价值承诺进入社会科学家对证据的评判之中,而不仅仅是进入他们提出的结论的内容之中。这个主张的变种有大量的变异形式,但我们仅考查其中三种。

该主张的最不激进的形式认为,在什么构成无法反驳的证

据或可靠的知识产物这一点上，社会科学家持有的观念是其教育及其社会地位的结果，它们受到由其教育训练所传播、且与其社会地位相联系的社会价值的影响；因此社会科学家承诺的价值，便决定了他把哪些陈述接受关于人类事务的有充分根据的结论。在这个形式上，这一主张是一个事实论点，必须得到详细的经验证据的支持，而这种证据关系到一个人的道德价值和社会价值对那种他准备承认是可靠的社会分析的东西的影响。在许多事例中实际上都可以得到这种证据；至于在把什么东西接受为可靠的这一点上，社会科学家之间存在的分歧有时可归咎于民族、宗教、经济及其他类型的偏见的影响。但该主张的这个变种既没有排除这一可能性，即能够认识到由于特殊的价值承诺而带有偏见的证据评判，又没有排除纠正这种偏见的可能性。因此，这个变种没有提出当我们考查社会研究的所谓价值导向特征的第二个理由时，我们尚未讨论的问题。

该主张的另一个不同形式基于理论统计学中的新近工作，理论统计学处理所谓“统计假说”(关系到随机事件的概率的假说，如男性出生率是二分之一的假说)的证据评价。与目前的问题有关的中心思想，可以通过如下例子加以概述，而这个中心思想便是这些发展的基础。假设在把一批新药物投放市场以前，先进行动物实验，以便检验在药物的制作过程中由于没有排除杂质而可能具有的中毒效应。如把少量这种药物放人100只豚鼠的食物中，如果只是不多的几只豚鼠显示了严重的反应，则可以认为这种药物是安全的，将把它投放市场；但若得到相反的结果，则要销毁这种药品。现在假设3只豚鼠确实严重患病，那么，这一结果有意义吗？(即它表明药物有中毒效应吗？)这是不是由于受影响的豚鼠有某种特殊性而发生的“事故”呢？为了回答这一问题，实验者必须根据证据在两个假说之间进行判定，假

说 H_1 是:该药有毒;H_2 是:该药无毒。但若实验者要是"理性的"而不是随意的,他如何进行判定呢?当前的统计理论为他提供了进行合理决策的规则,该规则以如下分析为基础。

无论实验者可以作出什么决策,他都冒着犯如下两种错误之一的危险:他可能拒斥一个假说,虽然该假说事实上是真的(亦即,尽管 H_1 实际上为真,但他以他所能得到的证据错误地判定了 H_1);或者他可能接受一个假说,即使它事实上是假的。他的决策若以一个规则为根据——该规则保证据此作出的任何决策都不会犯哪一种错误——那么,这个决策无疑极其合理。不幸,不存在这种规则。下一个建议是找到一个规则,以致于当按照它来进行决策时,每种错误的相对频率都相当小。但又不幸,犯每种错误的危险不是互不相干的;比如,要发现一个规则,以致于以此为依据的决策犯每种错误的相对频率不大于百分之一,但一般来说这在逻辑上是不可能的。因此,在提出一个合理的规则以前,实验者必须比较两种错误对他本人来说的相对重要性,并且声明他愿意冒多大的危险来犯那种他判定对他来说较为重要的错误。因此,如果他要拒斥 H_1,虽然 H_1 是真的(这就是说,如果他要犯第一种类型的错误),则以上所说的一切药物都要投放市场,使用这一药品的人的生命就会受到危害;另一方面,如果相对于 H_1 来说,他要犯第二种类型的错误,则整批药物就要被销毁,厂家将蒙受金钱上的损失。但对于实验者来说,维护人的生命比赚钱更为重要;他也许会规定他不愿意以这样一个规则作为其决策的依据,按照这一规则,犯第一种类型错误的危险大于在 100 个决策中犯这样一个错误。如果假设了这一点,统计理论就能指定一个满足实验者要求的规则,尽管如何制订这一规则,如何计算犯第二种类型错误的危险,都是我们不关心的技术问题。目前分析中要注意的要点是,这种规则预设了

对价值的某些评价性判断。简言之,倘把这个结果普遍化,则统计理论似乎支持这一论点,即价值承诺决定性地进入对统计假说的证据进行评价的规则中。[1]

但该论点所依据的理论分析并不保证得出这一结论,即在每一项社会研究中,实际用于评价证据的规则必然涉及到特殊的承诺,这就是,如以上例子中所提到的这些承诺,它们不同于一般蕴含在科学——作为目的在于获得可靠知识的一种事物——中的那些承诺。实际上,以上例证当前统计理论中的推理的例子会使人误入歧途,由于它暗示,在诸统计假说之间二者择一的决策总是要导致二者择一的行动,而这些行动具有不同的特殊价值所寄予的直接实际后果。比如,一位理论物理学家可能必须在有关原子中能量交换几率的两个统计假说之间进行决断;而一位理论社会学家类似地也必须在这样的两个统计假说之间进行选择,这些假说关系到在某些社会安排下不要孩子的婚姻的相对频率。但不论是物理学家还是社会学家,他们都可以不具有与他们必须进行判定的抉择生死攸关地相联系的特殊价值,他们具有的是作为科学共同体的成员,他们为了诚实可靠地处理其研究而承诺的价值。因此,理论统计学并没有解决(无论以何种方式)在自然科学或在社会科学中,任何特殊的价值承诺是否进入证据评判之中的问题;只有通过考查各门学科的实际研究,才能解决这一问题。

此外,在理论统计学的推理中,没有什么东西依赖于当在各个可能的统计假说之间作出决策时,所讨论的具体素材。因为

---

① 以上例子引自J·内曼在《概率论和统计学初级教程》(纽约,1950年)第5章中进行的讨论,该章介绍了统计理论的新近发展的基本的技术性论述。非技术性的论述,可以参见欧文·D·J·布罗斯的《决策设计》,纽约,1953年;也可参见R·B·布雷思韦特的《科学说明》,剑桥,1953年,第7章。

这一推理完全是普遍的；仅当要把一个确定的数值指派给一个研究者在一既定假说上作出一个错误决策而准备承受的危险时，参考某一专门素材才变得有关。因此，如果要用当前的统计理论来支持这一主张，即在社会研究中，价值承诺进入统计假说的证据评判中，那么，统计理论也能同样有效地用于支持其他一切研究中的类似主张。一句话，我们一直在讨论的主张并没有确立起这个据认为在探求人类事务研究中的可靠知识时产生、但在自然科学中却未碰到的困难。

这一主张的第三种形式是最偏激的。就它持有如下观点而论，它不同于以上提及的第一种形式，该观点即，在研究人类事务的学者的“社会观点”和他的社会研究标准之间，存在着一个必然的逻辑联系，而不仅仅是偶然的或因果的联系；由于他本人的社会涉入，因而无法排除他所承诺的特殊价值的影响。该主张的这个变种隐含在黑格尔对人类历史的“辩证”本质的论述中，它也是强调社会思想的“历史相对性”的形形色色的马克思主义哲学和非马克思主义哲学的一个不可缺少的部分。它通常以如下假定为依据，即由于社会制度及其文化产物变动不居，为了理解它们而需要的智力设备也必须变化；为此目的而采取的每个观念，因此只适宜于人类事务发展中的某个具体阶段。这样那些用以澄清和解释社会现象的实质性概念，用以估计这些概念之价值的逻辑准则，便没有“永恒的有效性”；没有哪一个对社会现象的分析不是某一特殊的社会观点的表示，或者不反映在人类历史的某一阶段的某个人类舞台上居统治地位的意趣和价值。因此，虽然在自然科学中，可以可靠地区分一个人的观点的起源和它们的事实有效性，但在社会研究中却不能作出这种区分；“历史相对主义”的典型代表就这样向如下论点的普遍有效性提出挑战，这就是，“一个命题的起源在一切情形下都无关

于它的真理。”正如该见解的一位有影响的倡导者指出的那样，

> 一个观念产生的时间条件和社会条件若对其内容和形式没有影响，则其历史根源和社会根源便与其根本的有效性无关。倘若如此，那么，人类知识史上的任何两个时期只会由于如下事实而相互区分，这就是，在早期，某些事物尚未得知，某些错误仍然存在，而通过晚期的知识，这些东西便完全改观了。在知识的较早的不完备时期和较晚的完备时期之间的这种简单关系，很大程度上可能适宜于精确科学。……但对于文化科学的历史来说，较早的阶段不是这样简单地由较晚的阶段取代的，也不是那么容易地就可以证明早期的错误实质上已得到改正。每个时期都有其崭新的方法，有其富有特征的观点，因而从新的角度来看待“同一”对象。……而这些原则——据此来对知识加以批判——本身发现是受到社会和历史的制约的。因此它们的应用看来也要限制到既定的历史时期和随后盛行的特定知识类型。[1]

社会对人们持有的信念的影响的历史研究，对于理解科学事业的复杂本质无疑具有重大意义；知识社会学——作为这种

---

[1] 卡尔·曼海姆：《意识形态与乌托邦》，纽约，1959年，第271、288、292页。以上引文最早在1931年作为论文出版，曼海姆随后修改了其中的一些观点。但他迟至1946年才重新确认引文中阐述的论点，即在他去世前的这一年。参见他在1946年4月给库尔特·H·沃尔夫的信，这封信在沃尔夫的文章“知识社会学和社会学理论”中被引用，沃尔夫的文章载于L·格罗斯编的《社会学理论讨论会论文集》（伊文斯顿，1959年）。

研究已被这样称呼——对这种理解已作出许多正本清源的贡献。但知识社会学的那些公认有价值的贡献并没有证实我们正在阐述的这一激进主张。首先,没有有力的证据表明,在社会研究中,用于评价知识产物的原则,*必然*是由研究者的社会观点决定的。相反,通常引用来支持这个论点的"事实",至多只证实一个人的社会承诺和他的认知有效性准则之间的偶然因果关系。例如,如下这个曾风行一时的观点现在普遍认为是错误的,因为它严重地误解原始人的智力过程,该观点即,原始社会的"智力"或逻辑操作不同于西方文明中典型的逻辑操作,这种差异要归因于所比较的社会制度的不同。甚至知识社会学的那些最极端的阐释者也承认,在数学和自然科学中所论断的绝大多数结论,对于那些对其进行论断的人的社会观点的差异来说,是中立的,因此这些命题的起源无关于它们的有效性。为什么关于人类事务的命题就不能显示类似的中立性呢? 至少在某些情形中应该如此。知识社会学家似乎并不怀疑两匹马一般来说比单独一匹马更能拉较重的物体这一陈述的真实性,在逻辑上独立于碰巧证实该陈述的那些人的社会地位。但他们还没有弄明白,对于关于人类行为的类似陈述来说,为使这种独立性成为内在不可能而必须作出的考虑究竟是什么。

其次,该主张面临一个严重的、经常被注意到的辩证困难,这是一个只需抛弃该主张的实质就能使其倡导者成功地对付的困难。让我们追问如下论点的认识地位是什么,这就是,一个社会观点本质上进入关于人类事务的每个论断的内容和证实之中。只是对于持有这一论点、因而由于其不同的社会承诺而认同一定的价值的那些人,这一论点才是有意义的吗? 倘若如此,没有哪一个具有不同社会观点的人会理解它;把它接受为有效的,这严格局限于那些能够这样做的人,而认同一组不同的社会

价值的社会科学家便应该把它作为空谈而摒弃。抑或单单要把这个论点从它所应用的这类断言中免除掉，以致于其意义和真实性并非内在地与宣称它的那些人的社会观点相联系？倘若如此，则不清楚何以要免除该论点；但无论如何，该论点是对人类事务进行研究的一个结论，它在通常的意义上大概是“客观有效的”——但若存在着这样一个结论，则又不清楚为什么不能也有其他结论呢？

为了对付这个困难，并且摆脱由该论点导致的那种自我受挫的怀疑论相对主义，有时把这个论点解释为：虽然不可获得对人类事务的“绝对客观的”知识，但仍可获得一种称作“关系主义”的“关系”形式的客观性。据此解释，一个社会科学家能够发现他的社会观点；如果他“关系地”表述他研究的结论，以便指出他的研究结果遵从那些隐含在其观点中的有效性准则，则他的结论就会取得一种“关系的”客观性。可以期待着分享同样观点的社会科学家，在代表他们共同观点的有效性准则得到正确应用时，在他们对既定问题的回答上也会达成一致。另一方面，在不同且不相一致的社会观点内进行工作的社会现象的研究者也能获得客观性，这种客观性之获得，正在于他们采取了倘不如此则在他们的几个研究中获得的结果就会不相容的“关系”表述。但他们也可以以一种“更圆滑的方式”来获得这种客观性，即通过着手“找到把一个研究结果翻译成为另一个研究结果的公式，并为这些变化着的有透视能力的洞见发现一个共同的特性。”①

但要明白“关系的客观性”以什么方式不同于这个词的不加限制性形容词的通常意义上的“客观性”，这是很困难的。例如，以这一结论——当按照一个规定的单位制，通过一个规定的程

① 卡尔·曼海姆，《意识形态与乌托邦》，纽约，1959年，第300—301页。

序，在规定的实验条件下进行测量时，光在水中的速度有某一数值——作为一个研究终结的物理学家，正在以一种在预定的意义上是“关系的”方式来表述他的结论；他的结论被标榜为“客观的”，大概是因为该结论提到了指定的速度值据以依赖的“关系”因素。然而在自然科学中，以这种方式表述一定类型的结论，是公认的标准实践。因此，社会科学家以类似的方式表述他们的研究成果，这个提议本身便意味着承认，在社会科学中确立起来的结论要具有其他领域中达到的那种结论所具有的客观性，不是原则上不可能的。此外，以上提议的翻译公式表达了从有所分歧的社会看法中得到的结论的“共性”，如果要用这些公式解决我们一直在考虑的困难，那么，它们不能在时下讨论的这个短语的意义上“在情境上被决定”。因为如果那些公式是随情境而被决定的，则同样的困难又会与之相联系重新出现。另一方面，对这种公式的探求是对一个题材中不变关系的探求的一个阶段，因而对那些关系的表述是有效的，而不管人们从对那个题材的某类看法中可以选择什么具体看法。因此，当承认社会科学对这种不变量的探求并非命定失败时，我们在讨论的这个主张的倡导者便放弃了那在开头作为其最极端的论点的东西。

总之，各种表明在社会科学中要获得客观（即不受价值约束和不受偏见影响）结论是内在不可能的理由，其实并没有证实它们意欲证实的东西，即使在一些实例中，它们注意到了社会科学中经常碰到的那些无疑是重要的实际困难。

第十四章　社会科学中的说明和理解

前一章中的讨论的最终结果是，在对社会现象的系统说明的探求中，据认为经常面临着的那些方法论困难，并不是社会科学独有的，也不是内在不可逾越的。另一方面，这些问题并不因为只是说它们是可以解决的就能够得到解决；目前的社会研究状态清楚地表明，我们向来考虑的一些困难其实是很严重的。尽管有这些困难，社会科学家还是能够发展出对多种多样的社会现象的说明，即使提出来的说明前提往往并不具有太大的广泛性，而且它们的价值也经常受到争论。我们将不考察这些说明，也不详细讨论其中的任何一个说明，因为处理特殊的社会研究领域的实质性内容并不是我们的目的；但是与我们的目的相符，我们将考察在当前的社会研究中占据主导地位的种种说明显示出来的几个结构特征（或形式特征）。

一、统计概括及其说明

如已指出的，经验社会研究已成功地确立起来的绝大多数（如果说不是一切）概括，都是按照人们熟悉的"常识"特征来表述的，而且这些概括具有相对狭窄的有效应用范围（或者较低级的一般性）。此外，大多数（若不是一切）这样的概括断言的只是在规定现象的一部分（多少精确地得到指定的）实例中它们具有的依赖关系，而不是以严格的普遍性来断言这种关系，例如，像

"大多数城市美国人属于某个宗教组织或新教徒中的年自杀率普遍高于天主教徒中的年自杀率"这样的概括便属于这种情况。为了方便起见,我们将把这种概括称为"统计"概括或"或然性"概括,即使在它们之中并没有提到统计系数或概率系数的数值(如在上述例子中那样)。统计规律不独为社会科学具有;在几个物理学理论和生物学理论中,也含有统计假定,在各个自然科学分支中,比如说在气象学、生理学和动物学中,统计实验规律也很常见。不过值得注意的是,社会科学中的实验规律也许无一例外地是统计的;因此我们首先将考虑为什么会是这样,这是不是不可避免的。然后我们将考察统计概括的说明结构,主要是把注意力指向社会科学中的统计概括说明;但只有推迟到下一章中,我们才来讨论统计规律和其他规律在特定历史事件之说明中的作用。

1. 通常为经验社会研究中得到的概括的深刻的统计性质提出两个主要的理由,而且这两个理由并不是完全无关的。第一个理由把这种统计性质归咎于社会科学研究题材固有的那种复杂性,这样,由于我们通常无法逐一鉴别所有相关变量,因而我们无法阐明不同类型的人类行为总是据以依赖的精确条件。第二个理由强调那进入人的行为的决定之中的意志因素。这个说明有时立足于这一主张,即人的意志是"自由的",因而它在公开行动中的表现不是完全可以预言的,这样在社会现象中便不可能有那种总是不变的规律性。可是,那些并不认同自由意志学说的作者们却对第二个理由有略有不同的表述。这个二者择一的论述认为,人的行动是由他们对外在刺激的解释支配的,而不是由这些刺激直接制约的。这样,由于人们对社会状况作出的反应因其解释的不同而变化(不管这种不同是个人发展上

的差异所致,还是其天资上的差异所致),因而我们无法确立起那种把外在刺激和人类对它们的反应联系起来的严格普遍概括。

这些理由无疑有些价值,尤其我们因为自由意志学说提出的问题与时下讨论的问题无关而加以拒斥时。可是,题材的复杂性怎么说也不是一个精确的概念,有些问题,在处理它们的有效方式还没有提出之前,看起来不可救药地复杂,但在提出处理它们的有效方式后,这种复杂现象便消失了。在引入阿拉伯计数法以前,只有那些具有非凡天赋的人才能进行现今一个正常的10岁儿童不费吹灰之力便能解决的算术运算。在发明了牛顿力学之后,经过恰当训练的学生就能够分析以前一些最伟大的人类心灵认为太复杂而难以理解的物体运动。不管怎样,虽然社会现象其实可能很复杂,但很难说它们就比一些物理现象和生物现象更复杂,而对于后面这些现象,我们同样为之确立起了严格普遍的定律。而且,当对一个特定的社会状况的反应的确是以人们置于它的那种可变的解释为中介时,这个事实本身并没有说明为什么并不存在着那种把置于一种特定的社会刺激上的几个解释之一与一种特定的人类反应联系起来的严格普遍规律。

不管怎样,应该指出进一步的两点,因为在目前的情景中,这两点在方法论上比迄今所提到的那些考虑都要根本。它们与在第十三章中对跨文化规律的讨论相联系。第一点把注意力指向在表述经验社会研究的概括时采用的术语或区分的本质。第二点让人想起在许多经验研究部门中为了使得对严格普遍规律的断言成为可能而采用的逻辑手段。

a. 首先,我们必须提醒自己:在许多科学部门的全称定律

中使用的词项都有相当精确的内涵，这些词项往往代表一些特性，这些特性是实际观察到的性质的那些多多少少经过“理想化”的变种。因而每个这样的词项都想指代某一类在某些方面高度同质的款项；含有这种词项的一个定律既没有被指望与观察资料严格一致，而且实际上也不严格一致，如果这些词项实际上付诸应用的东西不具有所要求的那种同质性程度的话。例如，“银”这个词项，当在物理学和化学的全称定律中被使用时，便指代一类对象，这类对象其中便满足一些精确地加以指定的条件，满足某些化学纯净性要求。因此，如果对其进行实验的银的试样不完全满足这些化学同质性要求，那么就不能指望像“在一个特定的温度上，银的质量与其体积之比保持不变”这样的普遍定律很符合（不只是近似地符合）实验资料；对于在普遍定律中提到的其他词项，也有类似的解说。

另一方面，在经验社会研究中出现的词项，基本上是社会问题的日常讨论中所采用的特征的改编，在表述经验概括时，这些词项经常被使用，但很少重新界定它们模糊的常识意义。在经验社会研究中，这些词项的例子有：“被剥夺感”、“道义”和“角色”。此外，甚至当把一个词项的意义弄得相对精确时，这种精确性通常也是经过某个本质上是统计的程序获取的，这样，那些属于其拟定的指谓对象的东西就可以具有该词项所内含的性质的不同的特殊形式。于是，在最近的经验研究中采用的“独裁主义的家庭结构”这个术语，其中便包括对父母使用肉体惩罚来干涉孩子的各种活动的频率的含义。进一步，许多目前使用得相当精确、没有统计涵义的词项（如“生于外国”或“终选投票”），却指谓着各类个体，这些个体在与所研究的问题可能高度相关的其他特征上往往发生广泛变化。总之，在经验社会研究中采用的词项往往具有不确定的涵义；它们整理那些不如自然科学定

律中出现的词项整理的东西精致或有着详细的区分;因而划归在它们名下的东西,通常就不如划归在后者名下的东西在某些相关的方面那么同质了。

在这种情况下,目前的经验社会研究的概括想必就是对统计依赖关系的陈述,而不是对不变的依赖关系的陈述,这或许就是不可避免的了。一个类比将有助于阐明这点。假设在认识到金属和非金属的大致区分之后,我们分析金属的导电性,但又不引入在不同种类的金属之间的区分。如果我们成功地确立起来的、有关导电性随着温度而变化的概括在形式上是统计的,那么,按照我们现在的知识,这会让人惊奇吗?一位有能力的物理学家会确定地告诉我们,在我们所采纳的这个分析层次上,我们不可能合理地期待什么别的东西,如果我们想得到严格普遍的依赖关系,那么,我们就必须认真探讨它们的区分,最终把它们建立在关于金属材料的微观结构的假定上。

这个类比的明显教训是,如果要确立严格普遍的社会规律,那么,社会科学家同样需要发展出那种对社会现象的更细致入微的分类法。这个看似合理的建议究竟有没有价值,这只能按照实际的试验结果来解决,不能通过任何先验推理来解决。可是,有一些根据怀疑社会科学能够超出某一点来提炼它们目前的区分,这一点是由它们所分析的问题的一般特征和适合于处理那些问题的分析水平决定的,除非实际上那些学科几乎是出乎意料地发生变化。因为假设:为了得到普遍的社会规律,就有必要部分地按照参与社会现象的那些人的细致地分辨出来的物理特征和生理特征,部分地根据那些关于每个参与者具有的、在文化上习得的习惯和信念的详细资料,来划分社会现象。为了给予这个猜测以某些血肉,让我们考察一个十分简单的、想象的例子。假设知道那些决定专制父母之态度的因素,假设对这些

态度的充分的范畴化其中需要使用那些指称每个父母的骨骼结构、他们的关节中钙的含量、他们的血液的化学构成上的差异，以及他们的神经纤维的空间分布上的变化的变量；进一步假设，如果是按照这些变量来划分专制父母，那么就可以确立起那些关于这些父母抚养的孩子对待少数民族群体之态度的普遍规律。不过，甚至于按照这一假定，——若不对现象进行这种分类，就只能得到关于那些现象的一个统计概括——放弃这一概括而偏爱一个以这个例子中所提到的这组极其细致的范畴为基础的严格普遍规律，也算不上是一个优点。

因为上述变量是指称那些由于不是专门的社会特性而不属于目前的社会研究的特殊领域的特征；并且，考虑到训练有素的社会科学家通常很难接受那种分析，其实，没有几个社会科学家有能力按照那些变量来分析社会现象。仅此一点大概就会妨碍把那种高度精致的区分系统（如上述例子中提到的系统）引入社会研究。此外，按照这一假定，即经验社会研究将继续关注那些关于社会行为的公认形式和实际上重要的形式之间的依赖关系的问题，这些精致的区分可能会要求应该远远超出了所研究的问题的需要来辨别这些现象，这样，采纳这些区分并不会有效地增加我们关于那些现象之间的联系——这正是我们的实际兴趣所在——的知识；因此，按照那些对于获得经验研究的目标来说并不必要的过分精致的区分来表述的普遍规律，可能恰好是一堆毫无生气的破烂货。一台高能望远镜不是对一台作为阅读小体字的仪器而使用的简单放大镜的改进。类似地，如果在回答那种我们通常问的关于社会现象的问题上，前者是比后者更有效的手段的话，社会科学家发现建立统计概括比建立严格普遍概括更有优越性。因此，如果目前我们对社会现象的兴趣的"实践"本质没有受到激烈改变，那么，虽然严格普遍的社会规律并

非本来就是不可能的，但在可以预言的未来根据经验研究确立起这种规律的希望似乎有些渺茫。

b. 可以相当简洁地阐明那有助于说明社会科学中经验概括之深刻的统计特征的第二点，因为其实质在早先已得到阐述。我们通过指出这个令人熟悉的事实而开始我们的论述，这就是，支持物理科学的普遍定律的实验证据是很难完美地符合这些定律的。因此，如果物理学家要严格依照观察确立起来的关于物理现象的东西来表述其定律，那么，那些定律就会具有统计的形式，而不是普遍的形式了。例如，要是伽利略只是通过把观测资料联系起来而确立起自由落体定律，那么，他一定会发现下落物体的速度是随着其重量和形状而变化的；他也会发现，在物体下落的距离和其下落时间的平方之间，只存在着密切的关联，而不是一个不变的比率，这样完全立足于这些观察结果的一个概括，它在形式上就会是统计的。

不过，物理定律具有的普遍形式是一个成功的逻辑策略的成果。如先前已经说明的，在许多自然科学分支中，在某些"理想"条件下，而且对于所分析的现象的"纯粹"情形，把定律陈述为普遍有效的，并且按照理想条件和进行观察的实际条件之间的那种多多少少得到充分鉴定的偏差，来系统地说明定律所断言的东西和观察所揭示的东西之间的任何分歧，这是可能的。

可是，在社会科学中，这个策略并不是惯常的，在那些试图通过把原始的经验资料联系起来而确立起现象之间的依赖关系的研究中，它一定不是惯常的。也许主要的理由是，在绝大多数社会科学部门中，还没有发展出合适的理论概念来表明如何富有成效地表述那些对社会现象的"纯粹情形"普遍有效的规律。这个策略在经济学中实际上已经得到尝试。可是，在借以阐述经济规律的那种假设的理想条件和经济市场的实际情形之间的

偏差是如此之大，提供为了填补这个空隙而需要的补充假定的问题是如此之困难，以致于那个策略在这个领域中的价值继续引起争议。在社会科学中通常并不采用这一策略，不管支持这个事实的理由是什么，这个事实都有助于说明为什么社会科学中的概括在形式上至多是统计的。正如常识经验以及科学史都充分表明的那样，经验资料之间的关联很少是完美的，完全立足于这些关联的概括几乎必定是统计的。[1]

2. 社会科学不仅成功地确立起了统计概括，而且有时也对之进行了说明；因而我们将考察这些说明是如何实现的。可是，回想一下在第十章和第十一章中简要指出的那种说明的结构，无疑会加快这一讨论的步伐，在那种说明中，那些含有统计假定的物理理论便是种种物理定律的说明前提。以这种方式加以说明的绝大多数定律本身是统计的，虽然与有时声称的相反，许多这样的定律是严格普遍的；但这两种类型的定律的说明模式在结构上一律都是演绎的。进一步，在自然科学中显然没有这样的说明实例，在这些实例中，统计定律是借助于那些完全是普遍的（或非统计的）前提来说明的。因而这一期望不是不合理的，即：在社会科学中，对统计概括的说明的形式结构也是演绎的，这些说明中的前提类似地含有统计假定。这个期望其实得到了

---

① 在这点上，不应该忽视我们的实际兴趣决定了在社会科学中要明确地表述哪些概括。要陈述关于社会现象的那种有充分根据的普遍概括并不太难。可是，这种概括通常被认为是琐碎的，要么因为它们断言的是“明显的”东西，要么因为它们作不出那些被认为是“重要的”区分。例如，对于这个概括似乎并不存在例外，即每个宗教都有某种形式的更新其信徒通常的思想感情的集体仪式，对于如下概括也没有例外，即在文化目标和实现这些目标的制度化的手段之间存在着一个社会上形成的张力的社会中，都可以发现违法的少年儿童。第一个概括也许就是“明显”琐碎的那一类概括的候选者，第二个概括就是“不重要”的那类概括的候选者（因为它并没有在通常被认为具有最大的实际要素的诸种张力或诸种目标之间进行区分）。

充分证实;因此,关于统计社会概括之说明所显示的整个模式,毋需再说什么进一步的东西。不过,很大程度上由于经验研究的目前状态,由于当前的社会理论的那种相对原始的特征,这种说明在社会研究中有一些重要的变化形式。因此我们将简要地勾画一下一个以一种富有启示的方式整理种种主要解释的框架,① 这些解释是在社会科学家说明那些在经验上确立起来的统计依赖关系时,他们通常提出来的。

让我们着手于经验社会研究的一个典型例子(虽然为了说明起见对其进行了大量简化)。假设所研究的是在工厂上班的妇女旷工的问题;假设在205个这样的妇女的样本中,100个已婚,其余的独身,在已婚的妇女中有25个旷工(按照每周不上3天或更多天的班来定义),但独身妇女中只有10个旷工。可以把这个信息方便地列举在一个表中,在该表中,M是已婚妇女的类,$\overline{\mathrm{M}}$是单身妇女的类,A是旷工的类,$\overline{\mathrm{A}}$是不旷工的类。

	A	$\overline{A}$
M	25	75
$\overline{M}$	10	95

在这个讨论中,我们将假设所提到的样本代表了引出这些样本的全域,而且可以把这些样本中种种属性出现的频率从这些样

① 这个框架首先由保尔·F·拉扎斯菲尔德提出,本文中的讨论便主要立足于他的工作。参见保尔·F·拉扎斯菲尔德:"作为一种研究操作的统计关系的解释",载《社会研究的语言》(P·F·拉扎斯菲尔德和莫里斯·罗森伯格编),伊利诺斯,1955年,第115—122页;也可参见帕特里夏·L·肯德尔和P·F·拉扎斯菲尔德:"调查分析问题",载《社会研究中的连续性》(罗伯特·K·默顿和P·F·拉扎斯菲尔德编),伊利诺斯,1950年,第133—196页。拉扎斯菲尔德的框架弄清楚了与对尤尔的联系运算的科学说明的研究的关联,这个运算由C·U·尤尔在其《统计理论导论》(伦敦,1929年)的第3、4章中发展出来。在某些方面与拉扎斯菲尔德的分析相似的对统计说明的分析,是由赫伯特·A·西蒙在其《人的模型》(纽约,1957年)的第1、2、3章中给出的。

本进行外推，以得出那些关于相应全域中的相对频率或者相对频率之间的关系的有所根据的概括。目前的例子便隐含了两个这样的概括："在女工的全域中，已婚者中旷工的相对频率是25/100即0.25"，"在女工的全域中，单身者中旷工的相对频率是10/105即0.09+"，每个这样的概括都具有这种形式："在全域K中，属性X在具有属性Y的类中出现的相对频率是$f_{X,Y}$"。由于这些相对频率中的第一个有效地大于第二个，这样在妇女的婚姻状况和旷工之间似乎就有一个明确的联系。（让我们也顺便指出隐含在这个例子中的两个将来会用到的其他概括，因为它们例证了那些在形式上与刚才提到的统计概括略有不同的统计概括。其中的一个概括便是"在女工的全域中，旷工者的相对频率是35/205或0.17+"，这个概括具有这种形式："在全域K中，属性X的相对频率是f_X"；另一个概括是"在女工的全域中，已婚的旷工者的相对频率是25/205或0.12+"，这个概括具有这一形式："在全域K中，既具有属性X又具有属性Y的个体的相对频率是f_{XY}"。）

可是，只有部分已婚妇女旷工，而旷工也出现在单身妇女中，这个事实暗示对旷工负责的不是就此而论的婚姻状况。假设因而作出一个尝试来说明已经确立起来的统计概括，即通过表明旷工现象还依赖于某个第三变量（"检验"变量）。设这个检验变量是一个妇女干家务活的小时数，如果这个数字是每周6小时或更多，称这个量为"大量"，在相反的情形中，称之为"几乎没有"。接着假设当按照这个第三变量来分析样本（或对样本进行"分层"）时，发现：76个妇女干大量家务活（我们将说她们具有属性H），129个妇女几乎不干家务活（$\overline{H}$）；在前一群体中，已婚者（M）中24人旷工（A），33人不旷工（$\overline{A}$），单身者（$\overline{M}$）中8人旷工，11人不旷工；在几乎不干家务活的那个妇女群体中，1个

已婚妇女旷工，42 个不旷工，2 个单身妇女旷工，84 个不旷工。这些数据可以清楚地列入下表：

H

	A	$\overline{A}$
M	24	33
$\overline{M}$	8	11

$\overline{H}$

	A	$\overline{A}$
M	1	42
$\overline{M}$	2	84

从这两个表中明显可见的是，在子域 H 中，已婚者中旷工的相对频率是 24/57，这等于单身者旷工的相对频率；在子域 $\overline{H}$ 中，相应的频率也是相等的。因此，在样本的每个经过分层的部分中（以及，按照我们的假定，在女工全域的每个经过分层的部分中），婚姻状况和旷工现象在统计上是不相关的。由那些关于未经分层的全域的概括所断言的这些属性之间的统计相关性，因而完全是根据每个这样的属性（或变量）与检验变量之间的统计相关性来加以说明的。

这个例子阐明的要点是，关于变量 X 和 Y 之间的依赖关系的统计概括是这样得到说明的，即通过表明：如果相对于第三个变量 T 来对全域进行分层，那么，无论是在经过分层的全域的哪一部分中，在这两个变量之间都不存在有意义的统计关系。可是，迄今所进行的讨论还没有怎么使我们超越那本质上已包含在约翰·斯图亚特·穆勒的实验研究准则中的分析。但可以使那个分析更加一般，以便为种种情况的系统划分提供一个基础，而在这些情况中，为统计规律性提出了种种解释。

为此，让我们假设可以得到与这个例子中的概括相似的、有关一个个体在一既定的全域 K 中既具有属性 X 又具有属性 Y 的相对频率，这里 f_X、f_Y、f_{XY}各自是 K 中的个体具有属性 X、Y 以及 X 和 Y 的相对频率。很容易看出，当 $f_{XY} = f_X \times f_Y$ 时，属性 X 和 Y 在 K 中并不是有意义地关联的，而当这个等式失效时，在

变量之间便存在着某种程度的统计相关性（或“统计联系”）。①可以构造出对这个联系程度的种种测度，它们各有优劣。但出于我们的目的，采取最简单的一个测度便足够了，这就是在上述统计相关性方程的左、右两项之间的差异，即（$f_{XY}-f_X\times f_Y$），我们将把这缩记为“d_{XY}。在全域 K 中，变量 X 和 Y 之间的统计相关性程度是 d_{XY}这个概括将用“S_{XY}来表示（当清楚那些是拟定的变量时，可以简记为“S”）。②

接着假设引入一个检验变量 T，以便检验 X 和 Y 之间的联系程度是由属性 X 的出现与否来实现的这一假说。因而把全域 K 分成两个相互排除而且完全的子域 T 和 $\bar{T}$，然后确定在每个子域中 X 和 Y 之间的联系程度。设在 T 中这个联系程度（称之为在这个子域中两个变量的“部分联系”程度）是由差（$f_{XYT}\times f_T-f_{XT}\times f_{YT}$）来衡量的，并且把它缩记为“$d_{XY,T}$”；设在 $\bar{T}$ 中这个联系程度是由差（$f_{XY\bar{T}}\times f_{\bar{T}}-f_{X\bar{T}}\times f_{Y\bar{T}}$）来衡量，并且把它缩记为 $d_{XY,\bar{T}}$，这里，比如说，f_{XYT}是 K 中的个体具有 X、Y 和 T 这三个属

---

① 因为假设 K 一共含有 N 个成员，n_X 具有属性 X，n_Y 具有属性 Y，n_{XY}既具有属性 X 又具有属性 Y。这样一来，n_{XY}/n_X 便是在具有属性 X 的个体的类中，既具有属性 X 又具有属性 Y 的个体的相对频率；类似地，n_Y/n 是属性 Y 在全域中出现的相对频率。但如果这些频率相等（即如果 $n_{XY}/n_X=n_Y/n$），那么很清楚 X 和 Y 是与统计无关的。可是，这个方程等价于 $n_{XY}/n=(n_X/n)\cdot(n_Y/n)$，如上所述的，这也就是 $f_{XY}=f_X\times f_Y$。同样明显的是，$f_{XY,X}$（即具有属性 X 而且也具有属性 Y 的个体的相对频率）等于 f_{XY}/f_X。

该讨论立足于 K 是一个有限类的预设。如果 K 不是有限的，那么必须把正文和脚注中提到的各个 f 理解为相对频率的**极限**——根据这些极限存在这一假定。

② 当变量在统计上无关时，d_{XY}这个测度便等于零；如果在 K 中既具有属性 X 又具有属性 Y 的个体的相对频率大于对统计相关性所要求的相对频率，那么 d_{XY}是正的；如果这个相对频率小于对统计相对性所要求的相对频率，那么 d_{XY}是负的。d_{XY}的最大值是 0.25，当变量之间存在着一个正的、完全的联系时，亦即当要么一切 X 都是 Y 要么一切 Y 都是 X 时，有时便会产生这个最大值；其最小值 -0.25 可能只是对一个完全的负的联系而论，即当要么一切 X 都是非 Y，要么一切非 Y 都是 X。

性的相对频率，$f_{Y\bar{T}}$是K中的个体具有Y和$\bar{T}$这两个属性的相对频率，等等。我们将用$S_{XY.T}$"来表示这一统计概括，即在全域K中，在子域T中X和Y之间的部分联系程度是$d_{XY,T}$；"$S_{XY,\bar{T}}$"将以类似的方式得到使用。

可是，可以证明，$d_{XY}=(d_{XY,T}/f_T)\times(d_{XY,\bar{T}}/f_{\bar{T}})+(d_{XT}\times d_{YT}/f_T\times f_{\bar{T}})$。[①] 但如果我们忽略这个数学等式中的分母，那么其内容就会变得更清楚；出于我们的目的，可以用下列公式来恰当地表示这个等式断言在种种统计联系测度之间具有的关系：

$$d_{XY}=D_{XY,T}+D_{XY,\bar{T}}+(D_{XT}\times D_{YT}) \qquad (1)$$

在这个公式中，具有下标的大写字母取代了在上述精确的方程中含有分母的相应各项。

这个公式把K中X与Y的联系程度表示为三项之和：前两项指称当相对于一个检验变量T来对K进行分层时那些变量的部分联系程度(这就是，除了在这个数学等式的分母中我们已决定忽略的系数之外，它们陈述了在子域T和$\bar{T}$中X和Y的联系程度)；最后一项是一个积，它的因子(通常称为"边缘联系"程度)各自指称在K中X与T和Y与T的联系程度。这三项可能的数值是无穷无尽的；但如果我们只考虑某些关键的值，我们就得到下列两种主要分析，它们以某种方式说明了统计概括S_{XY}。

型式1.(1)中的前两项都消失，以致$d_{XY}=(D_{XT}\times D_{YT})$。

在这一情形中，当相对于T来对全域进行分层时，在K的每个经过分层的部分中，变量X和Y在统计上无关；可以表明S所断言的变量之间的统计依赖性，是各个这样的变量和T之间

---

① 对这个等式的证明在以上所引的尤尔的著作中给出；也可参见M·G·肯德尔：《高等统计学理论》，纽约，1952年，第1卷，第13章。

的统计依赖性的结果。与通常引用来例证统计概括"说明"的大多数例子一样，以上例子就属于这种型式。其实，通过传统上所说的"引入中间项"，这种型式也把对普遍定律的演绎情形作为极限情形包括进来。[①] 由于对于这种型式来说，在 X 和 Y 之间的部分联系都是零，因而在这些变量之间由 S 所断言的联系程度便可表示为一个积。可是，任何联系程度都不能具有大于 1 的值，这样这个积中的每个因子必定指称一个其绝对值(即不管其正负)也不能超过 1 的边际联系程度。由此推出，对于 S 来说，在这种型式的任何"说明"中，至少一个统计前提必须假设，S 所提到的变量之一和检验变量之间的统计依赖程度，在绝对值上大于 S 所断言的依赖程度。

根据检验变量和 S 中提及的两个变量之间有时存在的时间顺序，可以区分出这个型式的两个重要变种。(a)在第一个变种中，个体获得属性 T 的时间晚于它们获得其他一个属性(如 X)的时间，先于它们获得 Y 的时间。在这些情形中，称 T 为"中间变量"，X 为"先前"变量。(b)在第二个变种中，个体获得 T 的时间先于它获得其他两个变量的时间，这样现在就把 T 称为"先

---

① 这样，假如形如"一切 X 都是 Y"(如"一切冰都浮于水面")的一个普遍定律是通过把它从形如"一切 T 都是 Y"(如"一切密度小于水之密度的物体都浮于水面")和形如"一切 X 都是 T"(如"一切冰都具有一个小于水的密度")的其他两个普遍定律中推导出来而得以说明的，那么这里的"T"就是中间项。从形式上看，从目前讨论的目的来看，这个说明在于表明：当相对于 T 来对全域进行分层时，在每个子域 T 和 $\bar{T}$ 之中，X 在统计上独立于 Y。为了确定我们的想法，设在一个含有 200 个对象的样本中，10 个是冰块，它们都浮于水面；70 个是木块，它们也都浮于水中；剩下的 120 个是金属块，它们都不浮于水面。进一步假设，当相对于具有水于水之密度的密度这个属性来对该样本进行分层时，10 块冰和 70 块木头都有这个性质，剩余的 120 个物体则不具有这个性质。这样即可看出，在这一情形中，在各个子域 T(那些其密度小于水之密度的物体)和 $\bar{T}$(那些其密度不小于水之密度的物体)中，属性 X(冰)和属性 Y(浮于水面)在统计上是不相关的。

前"变量。有许多其中并不存在这种时间关系的情况，或者，只能任意地指定其时间顺序。不过，经常出现的却是这两种可能性，所以值得对其进行简要讨论。

a. 如果我们假设婚姻状况先于干(或不干)大量家务活，也假设家务的牵连先于旷工(或不旷工)，那么，上述女性工人旷工的例子便可以认为属于型式 1a。这样，正如这个例子表明的那样，对这个亚型式的分析的最后结果是：按照概括 S，使 Y(旷工)以某种方式产生的先前条件 X(结婚)，被一个截然不同的条件 T(做大量家务活)取代，而 T 可能以某种方式与 X 相联系，但无论如何也不等同于 X。一般来说，中间变量并不鉴定 Y 产生的一个必要且充分的条件，虽然有时的确如此；因为正如这个例子指出的，一些已婚妇女并不旷工，尽管她们家务繁重，而一些已婚妇女却旷工，尽管她们几乎不做家务事。中间变量做的事实际上就是指定一个条件，在这个条件下，与 S 得以建立起来的 Y 的相对频率相比，在 Y 的相对频率上有一个上升或降低。在上述例子中，旷工的相对频率在已婚工人这个类中是 0.25，在已婚且干大量家务这个限制得更小的类中是 0.42+，从 0.25 到 0.42+便有所上升；在未婚工人这个类中，旷工的相对频率是 0.10，在未婚且不干家务的工人这个类中，是 0.02+，从 0.10 到 0.02+便有所下降。

b. 从以上提出的材料中，可以构造出一个数值例子来说明型式 1b 的分析。如已观察到的，家务繁忙这一属性(H)既不是产生旷工的充分条件，也不是其必要条件。这样便可能产生这一问题：是否可以按照某个额外的变量来更完备地说明这个例子所陈述的事实呢？作为更深的研究的第一步，让我们考察一下 A 和 H 之间的统计依赖关系，这些关系已由那些事实揭示出来。通过简单的运算，我们可以用下表来陈述这些关系：

	H	$\overline{H}$
A	32	3
$\overline{A}$	44	126

这个表表明:在家务繁忙的女工中旷工的相对频率是32/76即0.42+,与此同时,在几乎不做家务的女工中,这个相对频率只是3/129即0.02+。因而A的相对频率看来一定依赖于H的出现与否。

不过,尽管H出现,A没有产生的相对频率是44/76即0.57+,这警告我们暂停上述猜想。不管怎样,A和H之间出现有意义的联系这是可靠的,这样,比如说假若作出一系列的安排把女工从繁重的家务事中解放出来,那么在她们之中的旷工便会降低吗?或者,A和H之间表面上的依赖性难道是假的吗,它掩饰了某个迄今尚未注意到的因素的作用,以致于旷工的相对频率不会受这个测度的影响?为了检验这两个猜测,必须引入一个检验变量。假设(相当不现实地)这个检验变量是人的某种由遗传决定的体格。又假设根据某个标准(该标准与女性所从事的职业有关),可以用这一特征来刻划一位女性:她要么有令人满意的体格(P),要么没有($\overline{P}$)。最后假设当相对于这个变量来对该样本进行分层时,A和H之间的依赖关系如下表所述。这里,如同前面一样,这些关系被假定是在女工全域中具有的。

P

	H	$\overline{H}$
A	0	0
$\overline{A}$	44	126

$\overline{P}$

	H	$\overline{H}$
A	32	3
$\overline{A}$	0	0

这样,在未分层的全域中,虽然A和H之间有一个有意义的统计关联度,但在各个子域P和$\overline{P}$中,这两个变量是统计无关的;例如,就具有不能令人满意的体格的这组女工面论,在家务繁忙的女工中出现旷工的相对频率等于在几乎不干家务活的女工中

出现旷工的相对频率。由于P显然是一个先前变量，这个例子便说明了一个属于型式1b的分析。我们可以顺便说一下，这个例子是这样构造出来的，以致于$\bar{P}$(不能令人满意的体格)是A(旷工)的一个充要条件，因为如上表指出的那样，一个女工旷工，当且仅当她体格不好(因而大概经常生病)时，不管她干不干家务活，也不管她是否结婚。

如这个例子表明的那样，这种型式的分析其作用至少是要纠正错误的(或虚假的)因果归因。在为拒斥X和Y是因果相关的这一推测提供了理由的意义上，这个分析"说明"了一个统计概括S_{XY}，它这样做，乃是通过证明S是一些假定的推理，这些假定关系到一个这样的变量与某个先前变量T的统计联系，而T则可以是属性X和Y产生的"因果"条件中的一个共同因素。[①] 这样，根据一个可以设想的理由充分的概括，即病人死亡的相对频率随医生看诊的相对频率而变化，把病人的死因归咎于医生的服务，显然是荒谬的。因为对这一概括所能作出的最可能的说明是通过表明，在按照病人失调的严重性划分出来的病人的每个子域中，上面提到的两个频率在统计上是无关的，因为疾病的严重性大概既与死亡的频率因果地相联系，又与医生看诊的频率因果地相联系。[②]

---

① 在上例中，体格不佳可能不仅是致病因而旷工产生的条件中的一个因素，而且，如已表明的那样，它可能也是阻碍婚姻的一个因素。

② 另一方面，虽然借助于一个特定的先前变量T_0，便可以表明S是"假的"，但这并不意味着T_0因此就与S中提到的任何变量比如说Y因果地相联系。尽管在第4章中已指出，在两个变量必须满足因果联系的精确条件上是存在着分歧的，但普遍承认T_0在时间上先于Y而且与Y只在统计上关联这还不是充分的。按照一个建议，为了表明T_0与Y因果地相联系，就必须表明对每一个先前变量T，当相对于T来分层全域时，在T_0和Y之间的部分联系程度并不为零。参见保尔·F·拉扎斯菲尔德，同前引，第125页。

型式2,在公式(1)中,第三项为零,以至于

$$d_{XY} = d_{XY,T} + d_{XY,\bar{T}}.$$

由于第三项是两个因子之积,因此在这种情形中,它们中至少一个必须为零;这样,检验变量必须在统计上与S中提到的至少一个变量无关。此外,容易证明,X和Y之间的一个部分联系程度(即在这个全域的一个经过分层的部分中,变量之间的联系程度)在绝对值上必定大于在没有经过分层的变量中变量之间的联系程度。因此在这种型式的分析中,检验变量指代了一个子域,在这个子域中,X和Y之间的依赖关系与在全域中所得到的它们之间的依赖关系相比,更紧密地接近于一个严格普遍联系。与在第一个主要型式的情形中一样,按照检验变量是中间变量还是先前变量,也可以区分出这种型式的两个变种。可是,在这两个变种之间的差异并没有太重要的意义;用一个检验变量是中间变量的数值例子,便足以弄清楚那些属于这个型式的各个变种的分析的特征。

假设进行一个研究,以确定年龄至少在30岁的男性的年收入与其父母的年收入之间有无联系。如果这个年龄的男性每年至少有2.5万美元的"现金"收入(根据在不同的时间和地点,某个一致的购买力标准来估计),那么把他们划分为"富有的"(W),否则划分为"不富有的"($\overline{W}$);对他们的父母也作类似的划分:每年至少有2.5万美元的家庭收入者划为"富有"(F),否则划分为"不富有"($\overline{F}$)。假设从含有200个指定年龄的男性的样本中,得出包含在下表中的信息;又设先前的例子仍然有效,这些数据足以确立起关于全域中变量之间关系的概括。

	F	$\overline{F}$
W	80	30
$\overline{W}$	20	70

由于在其父母富有的这类男性中，其本身也富有的相对频率是0.80，但在其父母不富有的这类男性中，其本身富有的相对频率只有0.30，因此这两个变量看来在统计上是相关的。

可是，从数据中可以明显地看出，富有父母的儿子不总是富有，因此我们将假设要作出一个尝试来发现是否存在着某一属性，该属性有助于在金钱上取得成功，而且它刻划了富有的父辈的一些子辈但不是另一些子辈的特征。为此可以把30岁左右的男性的全域分层为两个子域，一个子域的成员受过高等教育(E)，另一个子域的成员则没有，得到的假定结果见于下表：

E

	F	$\overline{F}$
W	50	20
$\overline{W}$	10	40

$\overline{E}$

	F	$\overline{F}$
W	30	10
$\overline{W}$	10	30

这个检验变量显然是一个中间变量。很清楚，在各个子域中，W和F之间都有统计关联，但这种相关性在E中大于在$\overline{\mathrm{E}}$中——因为在E中，父母富有本身也富有的相对频率是50/60即0.83+，但在$\overline{\mathrm{E}}$中只是30/40即0.75。此外，若我们探究这个统计变量和其他两个变量之一之间的统计相关性，则经过对上述数据进行简单的运算，我们便可以得到包含在第三个表中的信息：

	E	$\overline{E}$
W	70	40
$\overline{W}$	50	40

	E	$\overline{E}$
F	60	40
$\overline{F}$	60	40

这样我们可以推断，在受过高等教育的那些人中富有的比例，大于在没有受过高等教育的人中富有的比例，但F和E在统计上是无关的。

这个例子说明了一个属于型式 2 的分析，它以检验变量作为中间变量，以检验变量作为先前变量的这种类型的一个非数值例子如下。设在成年人全域中，已婚者中自杀的百分率小于单身汉中自杀的百分率，又假设可以根据他们在童年是否幸福来区分这些成人。假设后一种属性在统计上独立于婚姻状况，把这个属性采纳为检验变量。最后，假设在童年不幸福的成人子域中，已婚者中自杀的百分率仍然小于单身汉中自杀的百分率，但在各个情形中，这个自杀率都大于在没有经过分层的全域中相应的自杀率。这个例子又是型式 2 的一个实例，但检验变量是先前变量。这两个例子都表明，在型式 2 的分析中，与型式 1 的分析相比，由 S 所断言的 Y 对 X 的依赖性不仅得到了证实，而且在除了满足条件 X 外还满足某一条件 T 的这组限制性更强的个体中，这个依赖性程度甚至**提高了**；这就是说，它在既具有属性 X 又具有属性 T 的这一类特殊的个体中提高了。因此，只是在从其他的统计假定中推导出 S 的意义上，一个属于这第二种主要类型的分析才"说明"了一个统计概括，而这些其他的假定实际上是断言，在明确规定的情形下，由 S 所表述的 Y 对 X 的依赖性甚至在更大的程度上都是有效的，这里要注意的是，这些规定的情形是通过"提炼"或限制对 S 中给出的条件 X 的描述来鉴定的。

在本书中我们不可能考察统计规律的说明结构的更深的细节。可是，毋需怎么修改目前的讨论力图确立起来的这种说明的一般特征，就可以进一步探讨这个论题。无论如何，在这个讨论中得出的结论是：统计规律的说明在模式上始终是演绎的；在这种说明中，至少一个前提必须在形式上是统计的；在至少一个前提中假设的统计相关程度，必须大于在为此而提出说明的概括中所陈述的相关程度。

二、社会科学中的功能主义

按照许多学者的判断，一个综合性的社会现象理论最有可能是在社会现象的系统的“功能”分析的框架内获得。其实，这种理论有时据说已经在社会研究中目前那种被称为“功能主义”的观点的种种表述中获得。不管怎样，虽然功能主义一直是引起许多关键争论的论题，但在当代社会科学中，尤其是虽然不完全是在人类学和社会学中，它的许多思想具有广泛的影响。因此我们将考察在社会现象的功能解释中提出的一些中心问题。

在各种名称之下，通常与功能主义相联系的绝大多数主要思想历史漫长，在一些情形中甚至远及古希腊。可是，在其现代变种中，社会科学中的功能研究方法的确立和发展，部分地是对19世纪的主要社会研究关注社会制度之起源问题的反应，是对作为这种关注的主要产物的社会制度的发生和演变的思辨重建的反应。此外，如它的一些倡导者阐述的那样，功能主义代表一个经常得到明确承认的试图，即试图以一种模仿生理学中功能说明（或“目的论”说明）模式的方式来说明社会现象。由于这些理由，它的倡导者往往把按照历史前提对社会事实的历史—因果说明与截然不同的功能分析进行对比。更一般地说，在社会科学中，功能主义是一个观点，该观点并非不同于生物科学中有机论生物学在与机械论探讨的联系中持有的观点，它强调社会科学的“自主性”特征，反对按照非人的特性或行为方式对社会事实进行“还原论”的解释。

但很难对功能主义的正面目标给出一个简要论述。因为功能主义的倡导者在对其远大前程的看法上往往都相一致，但在功能分析的本质特征是什么这一问题上他们则普遍有分歧；由

它的两位主要阐释者给出的以下阐述并不完全代表它的许多变种,不过这些阐述可用于引入某些形式的功能研究方法产生的一些问题。

在对人类学功能主义的论述中,马林诺夫斯基声称,文化的功能分析

> 目的在于通过各个人类学事实的功能,通过它们在整个文化体系中所扮演的角色,通过在这个体系中它们之间相互联系的方式,以及通过这个环境与自然环境相联系的方式,来说明在一切发展水平上的这些事实。……因而文化的功能分析强调这一原则:在每个文明形式中,每个习惯、物体、观念以及信念实现着某个生命机能,具有某个要完成的任务,代表在一个工作整体内的一个不可或缺的部分。①

此外,在马林诺夫斯基看来,主要的社会制度是与人类的基本的生物需要相对应的,而且像后者一样,只有在某一组条件得到实现时,这些社会制度才可能幸存下来。因此通过说明一个社会事实在满足那些条件、从而在满足人的基本需要上的功能,对该事实的功能说明必须揭示它的幸存价值。②

对功能主义的另一个略有不同的陈述是由拉德克利夫-布朗给出的,这个陈述强调生理学中的功能分析和社会科学中的

---

① 布罗尼斯拉夫·马林诺夫斯基:"人类学",《大英百科全书》,修订本,第1卷,纽约和伦敦,1936年,第132—133页。

② 马林诺夫斯基:"功能理论",载《科学的文化理论》,查珀尔希尔,1944年,第147—176页;也可参见他的另一篇文章:"文化",载《社会科学百科全书》,纽约,1935年,第4卷。

功能分析的类比：

> 如果我们考虑生命过程(或一个有机体)的任何经常发生的部分，如呼吸、消化等等，那么，它的功能就是它在作为一个整体的有机体中所扮演的角色，就是它对于后者作出的贡献。当在这儿使用细胞和器官这样的术语时，一个细胞或器官就有一种活动，那个活动就有一个功能。的确，我们经常把胃液的分泌说成是胃的一个功能。当在这儿使用这些词时，我们将说那是胃的一种活动，该活动的"功能"是把食物的蛋白质转化为易于血液吸收、然后再分配给各个组织的形式。我们可能注意到了，一个经常发生的生理过程的功能就是机体的这一过程和它的需要(即存在的必要条件)之间的对应。……

从有机体的生活转到社会生活，如果我们考察诸如非洲部落或澳洲部落这样的群体，那么，我们就会发现一个社会结构的存在。个别的人，这个实例中的基本单元，是由一套确定的社会关系联系起来而成为一个整体的。具有这种社会结构的群体，像具有一个有机结构的群体一样，不会由于单元的变化而被摧毁。个人可能会因为死亡或以其他的方式离开这个社会；其他的人也可以加入这个社会。结构的连续性是由社会生活过程来维持的，这个过程是由个人的活动、个人之间的相互作用以及他们联合起来构成的有组织的团体的活动及其相互作用构成的。在这里，这个群体的社会生活便被定义为这个社会结构的功能活动。任何

> 经常发生的活动，如对犯罪的惩罚或葬仪的功能，是它在作为一个整体的社会生活中扮演的角色，因而是它对结构的连续性的维持作出的贡献。①

依拉德克利夫－布朗之见，社会科学的两个中心任务是确定社会系统是如何通过维持其结构形式而使自身存在下去的，确定社会系统是如何通过改变其结构形式而改变其类型的。在每一情形中，这一任务都要求分析各种标准化的行为方式或信仰方式在与这些方式所属的整个社会系统的关系中的功能。②

虽然这两种表述在某些方面是相似的，但它们也有重大差异；它们都表明"功能主义"这一名称含有种种不同（虽然在一些情形中密切相关）的概念。其实，甚至专业功能主义者——他们明确地把生物学中的功能分析方法采纳为社会科学中的说明范式——也不是以同样的方式来解剖这些分析的特征的，有时在一个讨论之中，他们便采用了什么构成一个功能说明的不同概念。因此我们将：(1)首先考察"功能分析"这个表达式得以使用的几种含义；(2)然后考虑在对社会过程提出的功能分析中隐含的一些概念困难和其他方面的困难。

---

① A·R·拉德克利夫－布朗：《原始社会的结构和功能》，伦敦，1952年，第179—180页。

② A·R·拉德克利夫－布朗：《关于社会的自然科学》，伊利诺斯，1957年，第2部分。关于功能主义的文献相当繁多，在对该观点的许多陈述和讨论中，以下文献尤其有用：罗伯特·K·默顿：《社会理论和社会变化》，修订版，伊利诺斯，1957年，第1章；塔尔科特·帕森斯：《社会学理论论文集》，伊利诺斯，1949年，第1部分，以及他的《社会系统》，伊利诺斯，1951年，第2章；雷蒙·弗思："功能主义"，载《人类学年鉴》（W·L·托马斯编），纽约，1955年；格雷戈里·贝特森：《内弗恩》，加利福尼亚斯坦福，1958年第2版，尤其是第3章和第17章。

1. “功能”这个词高度含糊，要完整地列举出它的许多含义可能会很繁琐。但这儿只提到其中的6个含义，因为在对功能主义的讨论中，这些含义并不总是得到明确的区分。首先，这个词被广泛地用来指代在两个或多个可变因素(即“变量”)之间的依赖关系或相互依赖关系，不管是不是可以测度这些因素。因此，当一位物理学家在把酒精蒸汽和水蒸气的混合物对一个容器壁所施加的压力表述为温度和每种蒸汽的浓度的函数时，他就是在这一意义上使用这个词，如同一位社会学家在声称一个群体中的自杀率是那个社会的社会内聚力程度的函项时，他在这个意义上使用这个词一样。这也就是这个词在纯数学中被采纳时的含义，在这里，“函项”这个词被抽象地定义为在两类元素之间的任何关系，[①]这样对于这两个类中的任何一个成员来说，在另一个类中存在着一个唯一确定的成员与之对应。[②] 在他们对社会过程的分析中，功能主义者经常建立这种“函项”依赖(或相互依赖)关系。可是，如果“功能”的含义仅局限于此，那么，它与任何其他领域中所进行的分析在目的上或在逻辑特征上就没有什么两样了，这些其他领域的一个目的就是发现在某个题材上存在的一致性；又如果这样来解释“功能分析”，那么，就无法正确地把功能主义看作独特的社会研究方法。

其次，有时这个词用来指示一个特定实体中(或由这个实体所显示的)一组多少有些广泛的过程或操作，而不指出这些活动对这个实体或别的实体产生的影响。生物学家有时正是在这个意义上来谈论“胃的功能活动”的——当他们谈到在胃中发生的

① 在英文中，“功能”和“函项”都是同一个词“function”，故作者有意提到了“功能”的这一含义。——译者

② 例如，如果 $y = x^2$，则说 y 是 x 的一个函数，由于对“独立”变量 x 的每个值，“依赖”变量 y 都有一个且只有一个值与之对应。

肌肉收缩、胃液分泌液体吸收等等时。当拉德克利夫－布朗把“社会结构的功能活动”这个短语定义为“群体的社会生活”时，他似乎也正是在这个意义上来使用这一短语的；正是在这个意义上，如果一些其他的人类学家用“邮政系统的功能活动”这个表达式来指称像出售邮票、收集邮件、邮局职员购买邮包这一类活动，那么他们就会谈论我们社会中的这样一种活动。不过，为了发现什么过程在规定的对象上正在进行而采取的分析，并不代表社会研究的特色；不能合理地认为这样理解的“功能分析”构成了人类事务研究的一个特别有希望的方向。

第三，在“生命机能”这个短语中，这个词往往被生物学家（以及在类似的意义上被其他人）用来指称种种出现在生命有机体中的有机过程，如繁殖、同化和呼吸。通常认为，即使一些过程与有机体的某些特殊部分密切相关，这些过程是由“作为一个整体”的有机体而不是恰好由它的某个部分来进行的。此外，这些机能是生物特有的特征，通常认为它们是有机体生命的延续所必不可少的。因此，生命机能是生命有机体（或可能是某种特殊类型的生命有机体）的规定性，这样，如果一个有机体的躯体缺乏这些规定的属性之一，那么，它就算不上是一个生命有机体（或某种特定的生命有机体）了。因此，比如说，如果呼吸是这样一个规定性，那么说呼吸对于一个生物的幸存是本质的或必不可少的，就是在说一个明显的重言式。正如我们将看到的，这一点关系到评价功能主义者们作出的一些假定，其中就有马林诺夫斯基在上述引文中声称每个文化现象“实现某个生命机能”时，他所作出的假定。

第四，“功能”这个词被广泛地用来表示一个事物的那种普遍被认识到的用处或效用，或者被用来指代一个行动的某个被正常期待的效果，如在以下两个陈述的情形中：“斧子的功能是

砍木头"，"给土地施肥的功能是使其肥沃"。但是具有这个意义上的功能的事物或行动，往往是有意设计出来，从而具有赋予它们的效用或结果的。但情况并不总是这样的；通常说一定的事物具有一定的功能，甚至当这些事物不是人造物，或者当这些事物按照预定的目的产生出来，它们所具有的效用不同于把一定的功能赋予它们时所说的效用时。这样，说北极星的功能是决定夜晚航行的方向，这不是罕见的；虽然把书设计出来并不是为了装饰家具，但说在许多家庭中这是它们的主要功能，那是正确的。这个词的这一含义不是马林诺夫斯基在上述引文中采用的唯一含义；但是，当他认为，按照功能主义的观点，每个主要对象都有某个要完成的任务，或者当他在别处说"功能总是意味着需要的满足"时，[①] 看来他想要的就是这个词的这一含义了。当在这个意义上使用"功能"这个词时，功能分析主要局限于那些处理与生命有机体、人以及非人之物相联系的现象。可是，在这个词的这一意义上，一个功能"说明"在于阐述某个实体(或实体类型)对某一类生物所具有的效用，或者具有这一效用的结果——这往往可以从某种类型的行动中推出。但一个这种类型的"说明"只是由一个单称陈述(在某些情形中可能是全称陈述)构成的，该陈述断言几个东西之间的事实联系，但却没有把这个事实与其他事实联系起来，以便表明为什么恰好出现这个特定的联系。因此，"功能主义"所内涵的东西不过是对这种"说明"的探求，就此而论，它既不是一个关于社会现象的理论又不是研究社会现象的一个独特的理论方法。

第五，(在与刚才讨论的意义接近的意义上)"功能"这个词常用来指代一组多少有些广泛的结果，这些结果是一个特定事

① 马林诺夫斯基：《科学的文化理论》，第 159 页。

物或活动对它所属的“作为一个整体的系统”具有的，或者是对属于该系统的其他事物具有的。正是在这个意义上，这个词在如下陈述中被使用：“肝脏的一个功能是存储身体中的糖，但这不是它的唯一功能”，“天授王权这个学说的历史功能是削弱封建贵族势力，使强大的民族国家的发展成为可能”，“研究成果的发表不仅具有使那些成果普遍可以得到的功能，而且还具有使它们得到科学共同体的批评、确立起发现的优先权的功能”。在这个词的这一意义上，一个活动的功能毋需是它的预期结果，它也毋需对某个生物有用；难得说这种功能对系统（或系统的某个部分）是有利的还是不利的，虽然该活动对系统产生了种种影响。看来很可能是这样的：当功能主义者强调去认识各个社会学事实的“多种功能活动”的重要性时，他们就把这个含义与“功能”这个词联系起来。但是，除了用来描述行动的语言之外，还不清楚这种功能分析怎么不同于物理学家的这样一个分析——前者旨在于发现某个社会事实对其他社会事实的影响，后者目的是发现从一个物理事件中能得出什么结果，比如说，从影响太阳本身的构成或其他行星的构成的太阳能量辐射中会产生什么结果。

最后，“功能”这个词是在第12章中占据着我们的那个意义上被使用的，这种用法见于如下表达式中：“身体受寒时牙颤的功能”，“在一个连续运行的发动机中节速器的功能”。在这个词的这一意义上，某个东西的功能表示它对维持它所属的特定系统的某个规定特征或条件所起（或在合适的情况下能够作出）的作用。这显然就是在拉德克利夫-布朗的上述引文中这个词具有的意义，有时但不总是也可能是马林诺夫斯基所使用的这个词的意义。它有些类似于其他的功能主义者在把功能主义推崇为研究社会现象的最有希望的方法时，他们所赋予的这个词的意义。不管怎样，只有当接近于这个含义来理解这个词时，才能

把生物学中的功能说明看作社会研究中功能说明的范式。不过，甚至那些正式认同这一解释的功能主义者，也没有始终如一地把这个词的这一含义和其他含义区分开来。例如，在这样一个功能主义者用来论证功能分析的其他例子中有一个研究，按照这个研究，一个社会对犯法者显示的敌对态度具有在一种共同的攻击情绪中把这个社会统一起来的“独特优点”。可是，乍一看来，这个说明只是声明：这种敌对态度具有那些显示敌意的人并不想要的某些结果。但这个研究甚至不想说明，这个社会的情绪上的一致是因为那个态度的出现，或者是因为它的补偿性变化的出现，才得到维持的，尽管在这个社会的内部或外部有种种要不然就会阻止那种一致的继续或实现的变化。因此，看来这个研究确立起来的，至多是两个变量之间的依赖或相互依赖关系（即在“功能”这个词的第一个意义上的“函项依赖性”），或者至多是由两个变量中的一个指定，而另一个具有的效用，而不是任何一个变量在使一个特定的系统维持在由其他变量所指定的一个状态时的功能。

2．从这个讨论来看，功能主义并不是社会研究中一个得到明确表达的统一观点。接下来我们必须考察在试图对社会过程进行功能说明时所面临的一些重要问题。

a．在生物学中，功能分析（或“目的论”分析）的结构已在第十二章中得到了适度的讨论。这样，就社会科学中的功能说明在形式上的确类似于生物学中的功能说明而论，对于这种说明的总体模式，毋需再多说了。可是，为社会现象构造功能说明却需要解决严重的概念困难。因为为了获得这样的说明，必须按照那些可应用于社会研究题材的概念来定义一些概念，这些概念将与目的论说明模式中基本的形式区分相对应。最争论不休

的问题是：一般地提出的定义是否令人满意？

回想一下第十二章中的讨论，在目的论说明中，所采用的两个基本概念是**系统** S 的概念和该系统被维持的某个状态或条件 G 的概念。在生物学的功能说明中，通常考察的系统就是个别有机体；所考虑的系统的状态其中包括有机体的幸存（即作为一个生命有机体的条件）、某个器官的某一活动特征、有机体的内部温度和某种内部流体如血液的化学状态。在生物学中，在指定一个有机体是什么这个问题上，通常没有什么困难。此外，一般认为有机体进行的一些容易辨别的活动（即呼吸或同化这样的"生命机能"）构成了生命的规定属性；类似地，通常没有多大麻烦便可以为特定器官、它们特有的活动以及那些可以加以分析的有机体的状态提供合适的定义。这样，由于在生物学中可以清楚地指定系统 S 和状态 G，因而便可以问 S 是否被维持在 G 状态，如果是的话，通过什么机制，最后经过实验研究对这些问题进行回答，便是可以理解的了。

在社会科学中，就这些方面而论，情况就大不一样了。功能主义者经常讨论的系统是个别的社会或共同体；他们尤其关注的这些系统的状态，包括一个社会的幸存、它的社会结构、它的种种制度的活动模式以及在一个社会中规定的或公开显示的角色（或行为规范）。如同在生物学中一样，在社会研究中，往往能够毫不含糊地指定有待研究的系统，这在原始社会中相对来说容易些，但在工业化程度愈高的社会中则愈难。另一方面，就一个社会幸存的条件而论，在这个领域中没有什么东西可与生物学中那些被公认为是生命有机体的规定性的"生命机能"相比。社会实际上并不消亡，虽然一个社会会由于构成它的人死无后嗣或永远解散而确实消失。因此要确定一个社会的幸存标准，使之能具有富有成效的运用，而不是纯属任意，实非易事。

例如，若按刚才指出的方式把物理存在采纳为幸存的标准，则在人类历史上，大概只有相对稀少的几个社会不能满足这个标准；因为按照这一标准，幸存就会符合那刻划了人类历史上已出现的各种社会之特征的组织形式，可是，按照社会组织对社会幸存提出的每个功能说明简直就是一个空洞的重言式。若依马林诺夫斯基之见，在任何文明形式中出现的每个东西都要被看作是在实现一个“生命机能”，则这一结果就显得更明显。因为，由于按照一个规定，即除了根据生命机能外，一个文明形式无法与其他的文明形式区分开来，这样马林诺夫斯基的“论点”的这个在逻辑上几乎没有价值的特征就很明显了。另一方面，如果这一标准包含一些比纯粹的物理存在更有约束力的要求，那么它又面临这一困难，即要么表明这些约束确实从得到认可的这一类社会中排除掉了某个生活在一起的人群，要么极力证明这些约束不完全是任意的。例如，假设所采纳的标准规定，为了算得上是一个社会，生活在一个地域之内的人类群体必须显示出一种政治组织。可是，如果“政治组织”这个术语用得如此之广泛，以致于它包括任何形式的社会控制和任何形式的权力分布方式，那么，几乎是作为一个定义，生活在一起的一切人类群体都满足这一要求；由于如此定义的一个社会的延续与任何形式的政治组织相一致，所以关于政治组织的陈述，作为社会幸存的一个必不可少的先决条件，又不过是老生常谈。但若不那么广泛地使用“政治组织”这个术语，使之指代某些显示权力关系的特殊形式，则在这一狭义上，按照一些人类学家的判断，有一些原始人就不具备政治组织；还不清楚的是，除了作为任意决定的结果外，如何为把这些原始人从这类社会中排除掉这一观点进行辩解呢？

与功能主义者试图表明的、在一个社会系统中得到维持的

许多其他状态相联系，类似的困难出现了。我们将只考虑社会结构的概念。如以上提到的那样，拉德克利夫－布朗认为，社会科学的主要任务之一便是发现社会系统如何维护它的“结构”形式。在他看来，一个特定系统的社会结构是“由一切个体在特定时刻的一切社会关系的总和构成的”，这里，所谓“社会系统”，他理解为在概念上从宇宙的其余部分隔离出来、在利益上共同协调的人的聚集体，所谓“社会关系”，他理解为包括这种协调的人的行为；此外，一个系统的结构形式是由一个现实的社会结构中显示出来的各种“类型”的社会关系构成的。在一个社会中即使可能有不同的个体参与到社会关系中来，[①] “保持不变”的正是这种结构形式。

可是，这样定义的结构形式却不能成为经验研究的题材，除非对“社会关系”的类型或“保持不变”还能说些更多的东西。因为若不对“类型”的含义施加约束，那么，一个社会系统是否维持其结构形式的问题，不是一个可以通过经验研究来判定的事实问题；相反，这个问题只能由纯粹的逻辑分析来解决，因为可以证明，每个社会在那个社会的任何一类既定的变化之下，必定会具有某个不变的社会关系模式。在第十二章中已经论证，绝对无序的概念是自相矛盾的。因为每一个可能的事态都显示某一秩序，尽管是一个复杂的、不为人熟知的秩序，而且，只有在没有阐明一类特定的模式的相对意义上，才能说一个特定的情景是“紊乱的”。可是，在一个社会的结构形式中，复杂变化的概念类似地也是不连贯的。因为，虽然在“一切社会关系的总和”中一种类型的社会关系可以整个地发生变化，但某种其他类型的社

---

① A·R·拉德克利夫－布朗：《关于社会的自然科学》，第43、55、84页；《原始社会的结构和功能》，第192页。

会关系必定会保持不变，尽管这后一种社会关系正好是我们通常不感兴趣的。总之，也只有在某些特定类型的社会关系的变化的相对意义上，才能说一个社会系统改变了它的结构形式。

为了确定这一点，举一个简单的例子。假设在一个特定的社会中，工业的私人占有制在某一年被公有制所取代，这样就可以说这个社会已经改变了它的结构形式。不过，除了可能不受这一影响的其他社会关系外（比方说这样的社会关系，在这种社会关系中，社会的绝大多数成员都遵守指令性的工业操作，这样这种社会关系在变化后依然如故），对这个例子的这一阐述使我们得出这一结论：在这个社会中，人们将继续从事工业活动，尽管已发生了这种变化。因此，至少必须有一种类型的社会关系没有发生变化；可以设想，在一些社会研究中，这种不变性就是主要的不变性，这样对于那些研究的目的来说，这种变化可能就算不上是那个社会的结构形式的变化了。此外，顺便值得指出的是，我们不总是想说在我们社会中实际发生的一些社会变化是否算得上是结构形式的变化。例如，当引入新的营业税时，所得税率上升了，或者，把公共基金用来支付在私立学校上学的孩子们的午餐，这会产生社会结构上的变化吗？显然，对任何这样的问题的回答都将取决于研究这个问题的具体目的，尤其是取决于在划分社会关系类型时，那些目的所要求的精细程度。

由此可见，为了揭示一个社会系统中的各个部分在维持或改变该系统时的功能而提出来的说明，是没有实质性内容的，除非要比往常那样更精确地阐述所维持的或所改变的状态。由此也可见，无法恰当地把功能主义者有时提出来的主张判断为是可靠的或可疑的或甚至是错误的，这些主张，无论是在公理的形式上还是在有待分析的假说的形式上，关系到由社会系统的那些“具有充分的协调性”或“内在一致性”的部分“结合在一起”所

产生的"整体性"或"功能统一性",或者关系到一个社会中的各个要素在这个"在运作着的整体"中所发挥的"生命机能"和所起的"必不可少的作用"。因为在缺乏足够精确的描述来明确鉴定一个社会系统的被维持的状态,那些主张是不受经验研究支配的,由于它们符合每个可能的事实材料,符合对现实社会的每个经验研究结果。

甚至于那些在澄清和发展功能主义上贡献颇大的审慎的学者,也忽视了我们在讨论的这些困难,或对之强调得不够充分,尤其是在刚才提到的这一点上。比如,他们当中的一些人基本上同情功能研究方法,但与此同时他们也批评了前一段中提到的主要主张,认为它们缺乏经验保证,至多只是有待进一步探讨的假说,而不是功能主义的基本公设。可是,他们几乎没怎么注意到那个已占据着我们的问题,尽管这是一个很重要的问题:在能够有意义地提出关于那些主张的事实价值的问题之前,首先必须解决这个问题。[①] 在塔尔科特·帕森斯为他所说的"结构—功能"理论构造一个广泛的概念框架的试图中,他一定还没有对这个问题的解决进行适度的探究。囿于篇幅,在这儿不能探讨他的结构区分系统,只能简要地提及他对一个社会系统所需的"功能先决条件"的论述,这种社会系统有一个"持久的秩序",或者经历了一个"有序的发展变化过程"。他所引用的一个"最普遍的先决条件"是:一个社会系统不能"激烈地不相容于作为生物有机体和作为存在的人(即作为有明确的行为动机的人)而组成它的个体活动者活动的条件",或者不能不相容于"一个文化系统(即由语言和其他人工产物构成的表示思想、信念、价值等

---

① 参见罗伯特·K·默顿:《社会理论和社会结构》,第25—37页,金斯利·戴维斯:"功能分析的神话",《美国社会学评论》,第24卷(1959年),第763页。

等并充当交流媒介的'符号'系统)的相对稳定所必须的整合条件"。另一个这样的先决条件是:一个社会系统必须有"相当比例的作为其构成要素的活动者,而这些活动者必须具有合适的动机,以便按照其角色系统的要求活动"(即一个社会系统必须具有活动者在相互作用过程中的种种参与,而这些过程要从它们对这个社会系统的功能意义的角度上来看待)。一个社会系统会由于其成员的死亡而在物质上消失,除了这个很少见而且价值不大的情形之外,要决定一个特定系统是否满足用这种模糊不定的词语来阐述的先决条件,一定是很困难的。帕森斯补充说,"在目前的知识状况下,不可能精确地定义个体活动者的最小需要究竟是什么,""不是一切参与者的需要都必须得到满足,也不是任何一个活动者的一切需要都必须得到满足,只是在全体活动者的一部分中,相当比例的活动者的需要必须得到满足。"[1] 但是,这个困难并不因为帕森斯在这样补充时他所引入的进一步的不明确性而受到削弱。

b. 这样,旨在于揭示某个东西对作为一个整体的社会之维持所作出的贡献的功能说明(或目的论说明),就面临着一个仍然没有完全得到解决的困难。可是,其实功能主义者还没有完全致力于发展这种模糊的说明。在为远不如一个完整的社会那么广泛的系统(如一个部落,在某些人类群体中出现的家族关系系统,或者现代社会中的职业组织或政治组织)的某个状态的维持提供说明上,在仅仅是表明一定社会中各种标准化的行为方式(如惩罚,或者某些仪式活动形式)有什么不同的或相似的用处和结果(或者,在以上区分的这个词的第四和第五个意义上,"功能")上,功能主义者取得了最大的成功。可以理解,明确地

① T·帕森斯:《社会系统》,第26—28页。

阐明在相对较小的群体中所假设被维持的状态的问题，比阐明在一个完整的社会中的类似问题要容易得多，而且往往可以得到比较合理的解决。不过，那些有节制的目的论说明和更加模糊的目的论说明都还面临着其他的困难；我们将提醒我们自己大概地注意其中的一些困难。

正如在第十二章中发展起来的功能说明的形式模型所提示的那样，一旦合适地指定一个系统 S 和在它之中得到维持的一个状态 G，则功能主义者的任务便是鉴定一组其操作使系统维持在 G 的状态变量，发现这些变量之间以及它们与该系统或环境中的其他变量之间的联系。可是，在社会研究的实际处理中，这个顺序往往被颠倒过来；研究旨在于确定变量所具有的功能（在这个词的第四和第五个意义），确定它对某个据猜测是相当稳定的状态 G 的维持实际上是否作出了贡献。因而很容易忽视这一要求，即必须仔细地界定分析所要处理的系统 S 和状态 G，进而忽视在最终提出来的目的论说明中明确地提及这个特定的系统，但正是在这个系统中，这个变量据说维持了一个特定的状态。接下来也就容易忘记，即使这个变量的确具有所赋予它的那种维持 G 的功能（如履行一个宗教仪式，该仪式具有维持它所发生的那个原始部落的感情团结的功能），但在某个别的系统 S′中，比如说在一个那一宗教仪式的进行将会产生一种分裂力量的部落联盟中，它可能就没有这个作用了，尽管它可能也还属于 S′；或者也容易忘记，这个变量在同样的系统中可能不具有维持某个**其他**状态 G′（如适当的食物供给）的功能，因为通过阻止 S 中 G′的维持，它可能发生功能失调。

把一个目的论功能归因于一个特定变量，这总是**相对于**某个特定系统中的某个特定状态而论的，而且，虽然一个特定的社会行为方式对于某些社会属性来说是发挥功能的，但对于许多

别的社会属性来说，它也可以是功能失调的(或者，在它是因果无关的意义上，它甚至可以是非功能的)，不管怎样，要过高地估计这一认识对于社会科学的重要性简直是不可能的。这一点当在形式上加以阐明时是很明显的，但不能认识到这一点无疑是把事实问题与值得向往的社会政策问题混淆起来(这并不是一个不同寻常的混淆)的主要原因，是往往谴责社会科学中的功能方法必然承诺在社会现状中体现出来的价值的主要原因。记住，即使个别的功能主义者作出了这样的承诺，但这种承诺是功能主义者固有的，这一谴责显然是没有根基的。[①]

在这点上，关键是要把一个系统的一个特定变量所行使的功能或活动类型与该变量本身区分开来。这样，在躯体中，甲状腺的一个功能是帮助维持机体的体内温度，但这也是肾上腺的功能，因此在这方面躯体中至少有两个器官执行(或能够执行)类似的功能。虽然对于生命有机体的生存来说，维持稳定的体内温度必不可少，但如果就此推断说，由于肾上腺对这种维持有所贡献，所以它们对于人的生命的延续也是必不可少的，那就大错特错了。其实，经过外科手术后，有些人没有了肾上腺，但他们仍然活着，在社会研究的情形中也可以提出一个类似之点。让我们假设在某一社会中，教会组织的一个功能是培养宗教情感，促进宗教活动。可是，这个功能也可以由这个社会中其他制度化的团体来行使，比如说由家庭或学校来行使。此外，即使这

---

① 一个与此相关的主张——功能主义必定只限于研究社会平衡和一个系统中的某个状态得到维持的条件，因而它本来就只关心"社会静力学"而不是"社会动力学"——同样也没有基础，尽管功能主义者确实很少注意那些导致社会系统的不平衡和结构变化的因素。对这个问题和其他相关问题的讨论，见 R·K·默顿，同前引；在目的论说明的形式模型的框架内来阐述默顿之分析的试图，见拙著"功能主义的形式化"，载《没有形而上学的逻辑》，伊利诺斯，1956 年，第 247—283 页。

些其他团体有时并不行使这种功能，但在合适的情况下，它们稍后也会获得那个功能。因此，尽管毫无争议的是，宗教态度和宗教活动对于人类社会的幸福具有本质的意义，但不能就此推断说，教会组织对人类的幸福是必不可少的。

功能主义者还没有一致地认识到这一点。例如，马林诺夫斯基论证说，因为神话的功能是通过把它归因于超自然的起源而加强传统，因而“神话是一切文化必不可少的要素。”[1] 可是，虽然有人会同意(但愿只是为了论证起见)马林诺夫斯基赋予神话的那种加强传统的功能，同意他的这一暗含的主张，即在一切社会中，传统对于文化的维持是必不可少的，但是他的结论是不合逻辑的。因为他把传统的那种公认的不可或缺性毫无保证地转移到为了维护传统而在某些社会中碰巧使用的特殊手段或工具上来。

其实，在社会研究中，证实某个特定制度对于一个特定功能的实施是必不可少的，一般来说甚至比证实一个特定功能对于一个既定状态的维持是必不可少的更难。这样，为了表明一定的社会行为方式对于一个系统的某一状态的维持是必不可少的，比如说，为了表明对违反公认的社会行为规范的人进行惩罚对于维持合理的公共行为秩序是必需的，就必须能够发现一些社会，在这些社会中，比如说，惩罚的严重性和给罪犯判刑的确定性都有所变化，以便确实在那些社会中，在异常行为上的差异和这种变化之间，是不是存在有意义的关联。的确，在这些问题上，可得到的证据往往不足以支持可靠的结论，甚至完全缺乏对一个功能的必需性进行评价的恰当资料，而这个功能又是如此之广泛，以致于与它对这个功能的显示相比较而论，社会并没有发生变化；不过，在这些问题上，往往也有可能达到比较可靠的

① 布罗尼斯瓦夫·马林诺夫斯基：《巫术、科学和宗教》，纽约，1948 年，第 146 页。

结论。另一方面，为了表明一定类型的社会功能只能由一定的社会组织来完成（比如，为了表明私立大学对于组织得不够严密的科学研究的继续必不可少），就有必要表明，这个特定的功能不仅只能由这个规定的组织来完成，而且没有任何其他的组织（不论是现实的还是设想的）能够完成那个功能。不过，鉴于在过去，同样的或类似的组织所行使的功能在不断变化，鉴于人类有创造新形式的制度的能力，因而这样一个任务几乎毫无指望。

在生物学研究中，在这点上情况就大不一样了。因为虽然一个活的躯体中的一个器官有时能够承担那要由它的另一个器官来正常行使的功能，虽然在不同的有机体中同一个生命机能有时是由相当不同的机制来实现的，可是，与在社会科学中不一样，在生物学中，行使同样机能或类似机能的可供取舍的机制不是无限制的。不管怎样，在正常的情况下，在人的一个类中肺是呼吸器官，胃是消化器官，一般不会发现人的某个个别的类中，这两个器官相互交换了它们的功能。但在人类社会的研究中，与这种设想相类似的东西却是习以为常的事实。

因此，对社会科学中的功能主义的讨论使我们得出这一结论：模仿生理学中的目的论说明提出来的功能说明，其认识价值基本上是极其可疑的。[①] 迄今为止提出来的那些问题最少，并且最有启发性的功能说明，一定就是那些在"功能"这个词的第四或第五个意义上来对种种形式的社会行为的功能进行分析的

---

① 在第12章所阐明的意义上，功能说明无论如何不是羽翼丰满的目的论说明。要具有功能说明，只需表明在某个系统中维持一个状态（如履行宗教仪式和履行军队职责）的变量是状态变量就行了；这就是说，变量必须实现的条件是相互独立的条件，比如说，在任何特定时间，履行宗教仪式不依赖于在同时是否履行军队职责，反之亦然。事实上，社会科学中提出来的功能说明是否满足这一要求是值得怀疑的。

说明;在这些说明中,大量的是揭示原始社会中标准化的行为模式之间的相互依赖关系,揭示经济制度和法律制度之间的相互依赖关系,以及揭示宗教观念、社会观念和经济观念之间,建筑风格、社会规范和哲学教条之间的相互依赖关系,触及其他东西的为数不多。可是,这些功能分析虽然有一定的价值和启发性,但无法正确地认为它们例证了人类事务研究中一种独特的理论研究方法。

三、方法论的个体主义和解释性的社会科学

甚至对社会科学中的概括和说明的匆匆一瞥,也足以揭示这些学科所采用的各个概念的形式特征之间以及它们的实质性内容之间存在的差异。因而可以用一些可供取舍的方式来划分在这些学科的陈述中出现的词项。可是,需要明确地提到一个令人熟悉的划分方式。因为这个划分所据以立足的区分,也是社会科学家在一个有影响的观点上长期争论不休的焦点,这个观点是:对社会现象的令人满意的说明必须具有一个唯一地表征那些说明的特点,至少必须对这个观点进行简要的讨论。

如果我们把自己限制到对人及其行为进行描述的概念,那么就可以区分出两类在社会研究中采用的词项。虽然这个区分不是截然分明的,而且并非没有困难,但我们暂时忽略这些困难。第一类只包含那些指称个别人或个别人的属性的词项,比如说"当今的美国总统"、"野心勃勃"、"在宗教问题上宽容"、"旷工"或"医学院的学生"等。第二类只包括那些对人类群体、对共同地表征这些群体的属性,以及对这些群体显示出来的组织形式和活动形式进行指称的词项,如"最后一届民主党主席代表大会"、"法国启蒙运动"、"法人"、"一伙人的歇斯底里"、"社会内聚

力程度”等。如果给予一个名称，我们把第一类词项称为“个体词项”，把第二类词项称为“集体词项”。在社会研究中，这两类词项被自由地使用。不过，(1)许多集体词项是造成困惑的一个常见根源——当提出这样的问题时，比如说，集体词项指称着什么(即它们的“外延”是什么)？集体词项一般是不是可以通过个体词项来加以定义？因而(2)在如何说明那些借助于集体词项来阐述的现象上，社会科学家仍然存在分歧。我们将考察这两个相关问题的一些方面。

1. 在说明许多集体词项究竟命名什么东西这一问题上，一般来说不会有什么概念困难。例如，一般认为“最后一届民主党主席代表大会”这一术语是指代一类可以迅速地查明其身份的人；如果把某个“实体”而不是那些个人设定为那个措词的外延，那么大多数人会发现这样做是很荒唐的。因此，对于“最后一届民主党主席代表大会在一种充满希望的气氛中选举其领导者”这样一个陈述来说，通常认为它大概是说，参加这次代表大会的每个代表(或在这些代表的一个很大的子类中的每个个体)以某种方式在某一场合表现了一种充满希望的态度；很少有人会认为这个陈述意味着：某个能够起决定作用的超人满怀希望地盼望一个选举结果。

可是，对“法国启蒙运动”或“法人”这样的集体名词就没有太大的普遍一致性或明确性了。的确，可能没有谁会怀疑个别的人在某种意义上是这些术语或类似的表达式所指代的东西的一部分。但要穷尽构成那些部分的个体，或者甚至说究竟有多少这样的个体，一定是不可能的；我们也无法很精确地阐明那些能被列举的个体所履行的行动，阐明如果要把他们算作“部分”的话，他们必须提倡的哲学信念，或者他们之间、他们与其他事

物之间所处的独特关系。总之，虽然“法国启蒙运动”这个术语无疑是一个有用的术语，但它也是一个高度模糊、无法详述其外延的术语。不能完整地、精确地“讲出”这个术语的外延，这也许就是为什么一些学者已把法国启蒙运动设想为某种“统一整体”，并且赋予这个“超有机个体”以对个别人的行动路线进行指导之能力的一个理由。

不管怎样，把个别人之间的一个复杂关系系统从实体上转变为一个能够产生因果效应的自为实体，这是一种与生物学中的活力论学说相类似的东西，是社会思想史中反复出现的一个主旋律。因而，政治理论家便论证说，一个民族具有一种“普遍意志”，它与其个别成员的意志不同，甚至不是个别人的明确意识的对象；心理学家设置“集体意识”来说明人类种族的差异；社会学家为了说明群体性的歇斯底里而把一种“心理”赋予群体；法官和律师则认为，法人是“个人”，不仅是在法律上法人是能够进行起诉和被起诉的个人团体这个特殊的法律意义上，而且也是在这个意义上，即法人在具有他们自己的个性、住址、活动能力和不依赖于一切法令的固有权利上，他们是那种不同于构成那些团体的人但又可与之相比较的实体；[①]而且，正如我们在下一章将更充分地指出的，历史学家历来否认个别人在改变事件的历程上所作出的努力的效力，因为他们所赋予的那种决定历史变化之方向的自为“力量”是一种势不可挡的力量。对集体词项之指称的这种实体性解释，通常只是不负责任的智力活动的练习而已，这种解释已经充当了为社会邪恶进行辩护的工具。

---

① 在英文中，“persons”一般指具有一定社会属性的人，此处译为“个人”，而“human beings”则一般指作为一个生物种属的人，此处译为“人”。在正文中，法人是“persons”，但不是“human beings”。——译者

但是，要评价其有效性一般来说又是不可能的，因为它们往往表述得极不清楚，不允许对能从它们之中推出的东西进行明确的界定。像生物学中的活力论假设一样，作为研究的指南，这种实体性解释无论如何毫无用处，作为说明的前提，它们也不能开花结果。因而把它们引入社会科学中是毫无理由的，这是因为与那种令人困惑的神秘的超个体实在相比，在鉴定集体词项的外延时，如下这个方法论假定会更加富有成效，这就是：一切集体词项要么指代由个别人构成的群体，要么指代人们的行为模式。

不过，从这个方法论假定并不一定得出这一结论，即一切集体词项都完全可以由个体词项来明确定义，这即使实际上做不到，但至少可以在"原则上"做到。因为，首先，可以这样来翻译集体词项的推测显然是不确定的，除非能够对个体词项这个类加以精确界定。但如已指出的那样，集体词项和个体词项之间的区分并不是严格的区分，没有决定性的理由把一些词项划分在一个范畴而不是另一个范畴之下。让我们用一个例子来说明这个困难的一种形式。"守法"这个词项指示一个人可能具有的属性，因为他的行为与由一个有组织的共同体采纳并以一定的方式加强的行为规范处于一定的关系之中。这样可以说这个词项是一个个体词项，因为它是对个人论断的；不过也可以把它算作一个集体词项，因为它涉及到对一些活动方式的指称，这些活动方式则刻划了个别人组成的群体的行为特征。可是，不存在决定这些取舍的可靠原则，要发展出这样的原则也希望渺茫。但是，如果一切集体词项都可以用规定的方式来加以定义，这一推测是不确定的，那么，这个推测必定可以从上述方法论假定推出，这一主张同样是不可判定的。

让我们撇开这个困难，转到第二个困难。我们有理由表明，许多集体词项的臭名昭著的模糊性并不妨碍它们具有重要的用

途，可是这种模糊性的确成为把它们翻译成为只采用个体词项的表述的障碍。如以上对“法国启蒙运动”这个术语的简要讨论所指出的那样，我们对许多集体词项的使用具有一个显著特点，这就是：无法详细阐明这些词项的外延的大多数个别细节，而只有借助于其他的集体词项，才能描述这些外延的某些部分。这一点可以用一个例子来加以说明，当我们刻划“好战”这样的概念的特征时，我们能够以一般的方式来阐述那个概念中的个体所构成的群体的一些有组织的活动，正是由于这些活动，我们把好战的一些特征赋予那个概念，比如说大规模的军备扩张和军训计划，军事长官占据有影响的政治地位和社会地位，对外国事务进行“武力威胁”等等；但我们不能全用个体词项来表达这些本质上的集体描述的意义。因而我们不知道为了向具有上述特点的集体词项提供显式定义，人们将从何着手。

但哪怕不考虑这两个困难，尤其是，哪怕假设在个体词项和集体词项之间存在着精确的区别，还是应该注意最后一点。有一个可能性，那就是，个体词项和集体词项都出现在基本的（或不加定义的）词项中，但这种基本词项恰恰是在明确定义种种其他集体词项时所需要的，要指出的是，在上述方法论假定和这个可能性之间并不存在形式的不相容性。只是在下述情况下二者才是不相容的，即除了通过个体词项的意义之外，就不能理解任何集体词项的意义，就不能领会如何使用集体词项。一些作者已提出这一主张：这种不可能性实际上是存在的。比如，有人论证说，不像自然科学，社会科学无法直接观察“集体实体”或它们的属性；因为在社会科学中，我们能够直接得到的资料是个人的信念和态度，而种种社会研究“整体”是最终从这些信念和态度中合成的。更具体地说，据说自然科学是以对复杂整体（如岩石、闪电、行星）的直接观察开始其研究的，然后通过把这些整体

分析成为那些在理论上加以定义和推导出来的个体(它们构成了那些整体)如原子或电子之间的关系,进而对这些整体进行“说明”,与此相比,社会科学的起点据说是对个别人的行为的观察;这样社会科学中所采纳的种种集体词项(如“社会”、“经济体制”、“帝国主义政策”)便是理论构造,它们是完全借助于个体词项来定义的。①

可是,这个论证不仅在其论据上出了错,即在认为“集体实体”在自然科学中所具有的观察地位与它们在社会科学中所占据的地位截然不同上出了错,而且它也无法确立起这一主张,即社会科学中集体词项的意义是只有通过个体词项的意义才能获得的。自然科学的研究从观察“整体”开始,进而按照对整体进行分析而得到的个别成分来“说明”整体,这一论点对天文学显然是个例外。例如,太阳系不是一个观察资料,我们的太阳系概念是根据对它的个别构成要素的观察而得出的理论构造。但在这点上,天文学还不是唯一的例外,因为有很多东西同样是自然科学领域中的整体,但它们并不是直接观察的对象,比如说天体物理学所讨论的银河系,借助于电磁理论来研究的电磁场,借助于热力学和物理化学来研究的地球大气层,通过力学原理和水动力学原理来分析其运动的大陆和海洋,生物学所研究的大量动、植物,等等。

接下来让我们转到社会科学,但忽略了与目前的问题没有中心关系的这一可疑论点,即人的态度是可以直接观察到的。可是,在社会研究中,“集体实体”绝不是能直接观察到的这个关键主张似乎也是可疑的。难道我们真的无法直接观察集体整体或其属性,比如说游行,有时包括大量活动团体的盛大仪式(如

---

① F·A·哈耶克:《科学的反革命》,第4章。

在君主立宪制中的登基仪式,宗教舞蹈的演出,当众举行婚礼),一群人的敌意,或者法庭的审判程序?这个问题显然是一个不必回答、只是为了加强印象才提出来的诘问;对它的一致否定的回答是答非所问的结果——除非我们准备解释这一事实:由于语言的普遍反常的、神秘的误用,绝大多数人的确自称直接观察到了这样的东西。其实,在声称一些集体整体和集体属性是可以直接观察到时,我们不能正确地认为这意味着,这些现象是即时的,或者它们是不经有选择性的注意,不经按照种种起支配作用的观念来进行的解释就产生了的。可是,就这些方面来说,那些在自然科学中一般被表征为直接观察到的东西,与社会科学中对集体整体的直接观察,并没有什么相异之处。否认最终能直接观察到这些整体,无异于根据如下理由来否认我们能观察到一片森林,这一理由就是:当我们说我们能观察到一片森林时,我们实际上看见的只是一棵棵的树。

这样我们便得出了这一结论:在社会科学中,把集体词项解释为是对人类团体或对其行为方式的指谓,虽然这是一个可靠的方法论假定,但是,集体词项事实上不总是经由个体词项来定义的这个方法论假定,并没有使得原则上能够这样来定义集体词项成为必然。

2. 记住了这一结论,让我们最后来考察这个主张:由于"群体活动本质上是而且必然是构成群体的个体为了获得他们的目标而进行的活动",因此社会科学的与众不同的目的就是"理解"社会现象,这种"理解"的实现,乃是通过按照人类经验的那些"从动机来看是有意义的"(或"主观的")范畴来说明社会现象。[①] 这

---

① L·冯·米塞斯:《理论与历史》,纽黑文,1957年,第258页。其他引文见第13章脚注16。

个观点多年来一直被称为“理解性的社会学”(这是在德语文献中得到广泛使用的名称),最近,它往往在“方法论的个体主义”的名目之下得到倡导,这个思想与“方法论的集体主义”或“整体论”形成对比。[①] 因此,按照方法论的个体主义原则的一个变种,社会科学家要“继续探索对社会现象的说明,直到他已把这个现象还原到心理词项”;[②] 按照这个原则的一个更明确的表述,

> 社会世界的根本构成要素是个人,他们是按照他们的倾向,按照他们对情况的理解而恰如其分地活动的。每一个复杂的社会状况、制度或事件都是个人的倾向、状况和信念以及自然资源和环境这几方面的特定构造的结果。按照其他大规模的社会现象(如满员)对一些这样的现象(如通货膨胀)所提供的说明可能是不完整的或不彻底的;但只有当我们已经从那些关于个人的倾向、信念、资源及其相互关系的陈述中推出对大规模的社会现象的论述时,我们才达到了对它们的基本说明。(个人可能没有个性特征,因而只有把典型的倾向等等赋予他们。)正如机械论与物理学领域的有机论者的思想形成对比一样,方法论的个体主义也与社会学整体论或有机论形成对比。根据后面这种观点,社会系统在如下意义上构成了“整体”,即社会系统的一些大规模行为是受宏观规律制约的,这些规律本质上是

---

① F·A·哈耶克,引文同前,第4、6章。

② J·W·N·沃特金斯:“理想类型和历史说明”,《不列颠科学哲学杂志》,第3卷(1952年),第29页。

> 社会学规律，因为它们自成一类，不能认为它们是纯粹从那些相互作用的个人的行为中推导出来的规律性或倾向。相反，至少应该部分地按照社会学规律（可能加上一个论述——首先是对个人在社会制度中的作用的论述，其次是对制度在整个社会系统中的功能的论述）来说明个人行为。如果方法论的个体主义意味着把人类看作历史的唯一动因，如果社会学整体论意味着假设有某些超人类的力量或因素在历史中起作用，那么，这两个取舍是彻底的。[①]

解释性的社会科学提出来的一些问题，在第十三章中与社会现象的所谓"主观性"相结合，已得到讨论。可是，我们目前关心的是方法论的个体主义的全盘主张中的一个部分，这个部分实际上断言，在社会现象的令人满意的说明中出现的一切描述词项，必须属于个体词项的一个特殊子类，即那些指示个人的"主观"状态或"心理"状态的词项。这样，方法论的个体主义便赞同那作为一个事实论点（虽然最好把它看作一个研究纲领）提出来的东西，这个论点关系到一切关于社会现象的陈述对一类特殊的关于个人行为的陈述的可还原性；于是按照在第十一章中阐述的对还原的一般要求，我们就能评价这个论点。

可是，正如从刚才引用的那段对方法论的个体主义的阐述中明显可见的那样，方法论的个体主义的倡导者没有区分那可以称为本体论论点的东西和可以称为还原论论点的东西。本体

---

① J·W·N·沃特金斯："社会科学中的历史说明"，《不列颠科学哲学杂志》，第8卷（1957年），第106页。

论论点是说,“社会世界的根本构成要素是个人”(它与以上我们联系着集体词项的实体化而讨论的方法论假定相对应);还原论论点是说,关于社会现象的陈述可以从关于个人的心理陈述中推导出来。基本上无疑的是,许多认同方法论的个体主义的学者之所以不能作出这一区分,乃是因为他们相信,拒绝集体词项的实体性解释,并否认“超人的力量”在人类事务中的因果作用,就是在逻辑上等价于还原论论点。但是按照我们先前对这个问题的讨论,他们的信念无论如何是错误的,因此承诺本体论论点在逻辑上并不要求承诺还原论论点。

此外,我们已发现怀疑这一点的理由,即当对出现在定义中的个体词项不加限制时,社会科学中的一切集体词项是不是都可以经由个体词项来定义。如果引人一个更强的要求,即基本词项可以是“心理”词项,则这种定义的可能性并没有提高。因此,如果实际上无法构造出满足这个强要求的定义,那么,还原的可联系性条件就不会得到满足,除非(如在第十一章中对这点的讨论所指出的那样)可以经过合适的对应规则或经验假说把不能这样定义的集体词项与个体词项联系起来。可是,这两个取舍中没有哪一个有助于获得方法论的个体主义的目的。因为通过观察个人的行为,虽然这两个取舍都使证实那些包含集体词项的陈述成为可能,但它们都不允许为了有利于个体词项而把集体词项从这样的陈述中排除掉;因此,它们都无助于实现方法论的个体主义公开声称的这一目的:从那些“关于个人的倾向、信念、资源及其相互关系”的陈述中可以推导出关于大规模的社会现象的陈述。

进一步,也很明显的是,哪怕能够设法实现可联系性条件,但还原的第二个形式条件即可推导性条件不会因此就得到实现。对此有许多理由,其中一个简单的理由是,任何一组

关于个人的前提都不足以推出关于一个群体的某个特定陈述，在可以推出这个特定陈述的任何一组前提中，至少需要一个关于该群体的假定。在第十一章中已提到这种可能性的一个明显例子，那个例子勾划了热力学向力学的还原。在那个例子中，可联系性条件之满足，是通过在气体温度和气体分子的平均动能之间建立联系。但这个还原并不仅仅因为满足这一条件就得到了实现，因为在分子的平均动能和气体的压力及体积之间，也需要建立起某一推导关系，即 $pV = 2E/3$。可是，这个关系不能从那些仅仅陈述个别分子之力学属性的前提中演绎出来；相反，要用一个特殊的假定来补充牛顿力学中关于个别分子运动的假定，而这个特殊的假定就涉及到全体分子的统计性质。

在社会科学的几个领域中，尤其是在经济学中，显然也存在着类似的情况。当前称为“微观经济学”（也称为“边际效用理论”，在英语文献中，对它的经典阐述包含在阿尔弗雷德·马歇尔的名著《经济学原理》中）的经济理论，就是按照关于个别生产者和消费者的经济偏爱的假定来分析经济现象。这个理论的一个主要目的，就是通过从那些处理个别经济人的倾向、信念、财力的前提中推导出那些表征运行的陈述，要说明一个社会的总体经济的运行。这样微观经济学的目的完全符合方法论的个体主义纲领；其实，方法论的个体主义的一些主要倡导者（如F·A·哈耶克，L·冯·米塞斯）也是边际效用理论的主要阐释者。可是，按照许多经济学家的判断，微观经济学无法说明许多作为国民经济之标志的重要特点（如反复出现的失业危机），它也没有为控制大规模的经济事件的历程提供有效的工具。因此，即使不完全拒斥边际效用理论，支持经济问题的“制度”研究方法或“历史”研究方法，许多学者也相信，这个

理论的经典假定不足以获得它所设定的目标、需要用另外的假定来补充它。[①]

在这个方向上,重要的一步是由J·N·凯恩斯在1930年跨出的,当时他提出一个有影响的"宏观经济理论",虽然在那之前,其他经济学家也提出过类似的但影响不大的建议。在本文中,需要注意这个理论的一个特点,因为在评价方法论的个体主义的价值时,这一点是直接相关的,那就是:这个理论的基本公设不完全是关于个别经济人的"心理"公设,相反,它们也包括一些关于大规模的总体统计(如国民收入,国民总消费,总的国民存储)之间的关系的假定。的确,得不到这些宏观经济假定不能从微观经济假定推导出来的证明,但同样也没有这种推导能被实现的证明,可是至少有一个这种推导是不能实现的推测。不管怎样,尽管缺乏这种推导,在他们的分析中,经济学家们仍然毫不犹豫地采用了那些宏观经济公设。因为正如一位学者所说:"在有关个人储蓄或集体储蓄之方式的具体假设上,人们可能会有分歧,不管这些假设是制度假设还是心理假设,不过,在描述国民收入的实际行为或可能行为

---

① 在许多情形中,对经济问题的"制度"探讨或"历史"探讨是对古典经济理论之"抽象性"的否定性反应,是对一些被边际效用理论的早期形式视为理所当然的可疑的心理假定(如对经济效用的享乐主义解释,对快乐和痛苦的人际比较的可能性)的否定性反应。在批评的压力下,这些假定最终被修改了。可是,甚至这个理论的新近变种的一些经过修正的公设(比如说,一切消费者都是按照一定的偏爱标准来选择商品的,不同的消费者在偏爱上的变化是互不相干地产生的)还继续成为批评的靶子。对于制度论者和抽象论者之间的争论的叙述,对于那些针对边际效用分析的"心理预设"之批评的叙述,比如说可以参见J·N·凯恩斯:《政治经济学的范围和方法》(纽约,1890年),约瑟夫·熊彼得:《经济学说与经济方法》(纽约,1954年),T·W·哈钦森:《1870—1929年经济学说述评》(牛津,1953年),阿兰·G·格鲁奇:《近代经济思想》(纽约,1947年),I·M·D·利特尔:《福利经济学批判》(牛津,1950年)第2、3章。

时，他们会发现集体储蓄的概念是有用的。"[①]但如果是这样，如果在使经济学家能够说明聚集性现象这一点上，宏观经济假设并不比微观经济公设更不合适，那么把宏观经济学说明还原到微观经济学说明，这看来并没有为实质性的科学进步作出贡献。总之，有一些形式的和非形式的考虑都对方法论的个体主义的还原论点的价值提出了质疑。

最后，我们将简要地评注一个观点，并以此结束我们对方法论的个体主义和解释性的社会科学的讨论，这个观点就是：按照人类活动者的"评价图式"对社会现象的"理解"，优越于那被称作自然科学的"因果—功能"研究方法的东西。例如，已有人论证说，如果我们想理解在过去的半个世纪中美国的离婚率为什么会有显著提高，那么，一个令人满意的说明必须具有这种类型，它揭示：

> 那影响家庭状况的评价标准的变化。一般的迹象是，在家庭的连续性历经几代后在文化价值图式上并不像从前那样重要、或者并不如在其他地方重要的那些地方，离异更加普遍。

更一般地说，有人声称，"就我们能够发现社会群体的评价图式的变化而论，我们能够得到而且因此只能得到对社会现象的一个统一说明。"[②]

如果在评价图式上的变化的知识是社会变化之统一说明的充要条件，那么，不把最高的优先性赋予对那个知识的追求一定

---

① 肯尼思·K·库里哈那：《凯恩斯动态理论导论》，伦敦，1956年，第20页。对集体词项在社会学中的中心作用的考察，参见罗伯特·K·默顿：《社会理论和社会结构》，第9章。

② R·M·麦基弗：《社会因果关系》，纽约，1942年，第338、374页。

愚蠢无比。不过有两个与此相关的问题，它们对这种知识所声称的那个希望产生了合情合理的怀疑。首先，如何确定在文化价值上的变化？信息的一个明显的来源是由个人对其价值的明确阐述构成的，不管这种阐述是以什么方式给出的，比如说，是主动提供的私人表白，公开演说，还是对访问者的回答，等等。可是，这种信息一般来说并不充裕，这样只有在相对稀少的情形中才能以这种方式获得关于人的价值的知识。此外，这种信息的可靠性通常是值得询问的。因为在特定的场合，人们在言语上表白的东西和他们在习惯上相信并实践的东西之间存在着悬殊；人类学家已认识到"'伪装的规则'的存在，即在口头上得到尊重，但在习惯上却有被违反的标准的存在。"[①] 在那曾经说明了他们对某一套价值的实际承诺的早期的生活方式已经激烈地发生变化之后，整个社会以及个人还继续在口头上忠诚那些价值而不故作虚伪，这也不是罕见的。因此，那些训练有素的人类事务的研究者已把这作为一个标准的实践，即不只是把有关在一个特定社会中起作用的价值的结论建立在口头表白上，更重要的是建立在其他公开活动的证据上，如建立在婚俗、家庭生活行为、商业实践等证据之上。

因此，按照在评价图式上的变化对社会变化的说明便冒着这一危险，即这些变化在经验上是空洞的重言式。例如，如果在一个社会中，在一年之中离婚率上的变化 C 是支持如下结论的证据 E 的一个部分，这个结论是，在与家庭的连续性相联系的文化价值上已经有了一个变化 V，那么按照文化价值的变化来说明离婚率的变化就没有启发价值了。这里正在论证的要点，不是按照评价图式的变化对社会变化提出来的每个说明必定毫

① E·亚当森·霍贝尔："文化的本质"，载《人，文化与社会》(哈里·L·夏皮罗编)，纽约，1956 年，第 175 页。

无成效，而是，若要避免这种无效性，则对文化价值上的变化V来说，证据E必须可靠，它必须不同于变化V想说明的那个社会变化C。但若证据E不同于C，由于E本身是一个社会变化，这样在E和C之间显然就有一个确定的关系，于是可以设想E或许适用于说明C。因此，作为E和C之间的说明联系，如果变化V的引入不完全是特设的，那么它必须通过表明这一点而得到辩护，即V不仅适用于E和C之间的依赖关系，而且也适用于证实*其他*社会变化之间的*其他*依赖关系。

但这就把我们带到了第二个问题：按照文化价值（或其他"主观"倾向）上的变化来阐述的说明，比采用那些不同的实质性概念的说明，一般来说具有更强的对社会现象之间的依赖关系进行系统组织的能力吗？可是，对这个问题没法给出直截了当的回答，但愿这只是因为还没有研究这两种类型的说明的相对价值。按照那些"有意义的"范畴提出来的说明往往已经阐明了社会变化，正如在马克斯·韦伯对现代资本主义的兴起进行讨论的情形中那样，否认这一点会是很荒谬的。但声称这种说明已充分地解释了社会现象，或者否认按照其他变量（如自然环境，技术状态，人口密度，或经济组织形式）来进行的说明与按照"主观"倾向来进行的说明至少有同等程度的预言能力和系统概括能力，同样是荒谬的。可得到的证据无论如何也不支持这一主张，即对这个问题的回答不可错地而且一致地是肯定的；因此没有使人非信不可的理由作出这一假设：只有通过发现社会群体的评价图式上的变化，才能获得对社会现象的统一说明。

虽然方法论的个体主义和解释性的社会科学正确地强调社会现象是由人的有目的的力量的相互作用构成的，但是，这两个本质上相似的社会研究方法没有一个具有为之所声称的那种绝对优越的价值。

第十五章　历史研究的逻辑问题

虽然在广义上采用“历史”这个词是很方便的，即历史显示在任何题材（不仅仅是人类事务）上已发生的时序变化，不过本章要处理的问题基本上与对人的过去行为的说明相联系。在简要地讨论历史研究的一般特征之后，我们将分析历史说明通常采取的一些形式；随后我们将考虑一些在历史研究中反复出现的问题，最后考察那个称为“历史必然性”的学说提出的一些问题。

一、历史研究的焦点

在亚里士多德看来，诗歌与理论科学一样，比历史“更具有哲学意味，具有更重大的意义”，因为诗歌关心无所不在的、普遍的东西，而历史只谈论专门的、单个的东西。亚里士多德的评论可能是在两个据说类型不同的科学之间的一个公认的区分标准的来源：研究普遍性规律的科学，它试图为那些可以无限重复的事件和过程建立抽象的普遍规律；表意文字的科学，它旨在于理解那些唯一的、不重复出现的东西。往往认为自然科学和一些社会科学是研究普遍性规律的科学，而历史（在论述人类事件的意义上，以不同于事件本身）显然是表意文字的科学。[1]因此，经常有人声称，人类历史学中所要求的概念和说明的逻辑结构根本上不同于自然科学（以及其他“普遍化”的科学）中的概念和说

明的逻辑结构。让我们审视一下支持这些比较的基础。

甚至对(一方面)理论自然科学和社会科学(如光学和经济学)中的论著以及对(另一方面)历史学著作的匆匆一瞥,也足以揭示二者之间的显著差别。因为出现在前者中的陈述总的来说在形式上是全称的,极少包含对特殊的对象、资料或位置的指称,而出现于后者中的陈述基本上无一例外地在形式上是单称的,充满着专名,对具体的时间或时期的指谓,以及地理记载。就此而论,作为研究普遍规律之科学的自然科学和某些社会科学,与作为表意文字之科学的人类历史学之间的这一对比,看来无论如何是有充分的根据的。

但是,推断单称陈述在理论科学中不起作用,或者推断历史研究不使用全称陈述,是一个十足的错误。正如前几章多次指出的,任何关于专门事物和过程的实际特性的结论,都不能只从一般陈述中引出;因为那些一般假定如果要适用于说明和预言任何具体事件的话,那么,理论和定律就必须以初始条件(亦即,在形式上是单称的或例示的陈述)为补充。人们一般假设纯粹自然科学(如理论电动力学或遗传学)只关心建立普遍陈述,而应用自然科学(如电子工程或作物学)则需要关心特殊情形,按照这个假设的理由在这二者之间所作出的熟悉而有用的区分,也无损于这一点的恰当性。因为甚至于纯粹自然科学也只有根据具体的事实证据,因而也只有利用单称陈述,才能断定它们的一般陈述是不是在经验上得到了保证。此外,许多公认是"纯"科学定律的陈述具有一个至少在地理上受到限制

① 威廉·温德尔邦德在其论文"历史和自然科学"中,首次以这个术语阐述这一区分,该文重印于他的论文集《前奏曲》中,第5版,图宾根,1915年,第2卷,第136—160页。

的普遍性，比如说这个熟悉的定律：在地球表面纬度 38°和 39°之间的海平面上，一个自由下落的物体经受每秒 980 厘米的加速度。如果要把这种定律——它们是那些没有类似地加以限制的定律的特殊化——从理论论著中排除掉，那么，这种排除至多只是一个方便与否的问题，而不是一个原则问题。进一步，自然科学的某些分支，如地球物理学或动物生态学，基本上关心特殊的个体系统的分布和发展，因此大体上致力于建立单称形式的陈述。总之，既非全部自然科学也非任何它们的纯理论分支完全具有普遍性。

但也不能排除历史学研究暗中接受了在理论论著中引用的这种一般陈述。因此，虽然历史学家可能关心不重复发生的、唯一的东西，但显然他必须从他致力研究的具体事件中进行选择和抽象，他对个别东西的论述需要使用通名或一般的描述词项。因而历史学家对个别事物的刻划便假设存在着**种种类型**的事件，这样就有一些多多少少确定的规律性把各种事件联系起来，把一种事件和其他事件区分开来。例如，一位历史学家已把公元前 6 世纪期间希腊殖民地的扩张，归因于希腊商业利益的需要以及希腊人的冒险精神。[1] 他显然理所当然地认为，人类有几种类型的需要，每种需要一般在具有一定特征的行为方式中表现出来，一些这样的行为方式往往导致殖民地的建立，等等。进一步，历史研究的一个方面是由所谓的"外在批评和内在批评"构成的，即由旨在于确定过去的文献或其他遗物的真实性、确定记录下来的陈述的精确含义，以及确定关于过去事件的证据的可靠性的各种努力构成的。但为了完成这些任务，历史学家必须以一大批一般规律来武装自己，其中一些规律无疑被不

① J·B·伯里：《希腊史》，纽约，1937 年，第 2 章。

言而喻地接受为“常识”，而其他的规律则为一些自然科学或社会科学认可和采纳。

此外，历史学家难得只是过去年代史的编纂者；他们不总是终止于他们对某一组专门事件的分析，甚至于当他们已确定了那些事件实际发生的次序时，例如，当他们已证实，在安东尼逃离亚克兴角战役以前，他就与克娄巴特拉相爱了。相反，历史学家往往力图按照原因和结果来理解和说明他们记录到的事件，力图发现一些有时间顺序的事件之间的因果依赖关系，比如说，因为安东尼爱克娄巴特拉，所以他逃离亚克兴角战役。的确，在两件事的因果关系上，一位历史学家的主张可能是错的；但也许他相信他有充分的理由作出这一主张。可是，作为一个规则，历史学家并不自称他们具有经过对个别事件之间的因果联系进行直接的、不可错的直观来理解这种联系的能力；不管怎样，只有借助于因果概括(无论是严格全称概括还是统计概括)，才能表明一对特定的过去事件是因果联系的，而这种因果概括是前一章中那种称为“受控分析”的研究的产物。因此，在说明过去的人类行为时，历史学家所作出的因果关系的归因是以假定的因果依赖规律为根据的，总之，历史学因而不是一门纯粹表意性的学科。

不过，在理论科学(或“普遍化”科学)和历史学之间有一个重要的不对称性。一门理论学科，如物理学，力图建立全称陈述和单称陈述，为了这样做，物理学家采用先前假定的这两种陈述。另一方面，历史学家则旨在于断言那些关于特定行动之产生以及它们与其他特殊事件的相互关系的有一定根据的单称陈述。然而，虽然只有通过假设和使用一般规律才能完成这个任务，但历史学家并不把建立一般规律作为他们目的的一个部分。有人会发现一篇热力学的专题论文由于没有包含专名或对任何

特定数据的指称而犯有严重的错误，这是不可能的。但甚至更不可能的是，如果一本书没有提到具体的个人、时间或地点，而只是阐述了那些关于人类行为的概括，那么，在其习惯意义上使用“历史”这个词的任何人就会把这本书划归为一本历史书。历史学和理论科学之间的区分因而极其类似于地质学和物理学之间的区分，或类似于医学诊断和生理学之间的区分。例如，一位地质学家试图确定地质形成的时间顺序，他能这样做，部分地是通过把有关的物理定律应用于他的研究材料；但是，作为地质学家来说，建立他在研究中要使用的力学定律或放射性衰变定律却不是他的任务。

但是，绝不要认为这个讨论是试图通过先验推理来排除关于发展变化的“历史规律”的可能性。已有许多尝试——其中，近年来有奥斯瓦尔德，斯宾格勒和阿诺德·汤因比的尝试——表明每个社会或文明都表现出一个一致的相继变化模式，结果，比如说，每个社会都以一种可与单个生物有机体的诞生、青春、成熟、衰亡相比较的方式，经历了一个确定的演化阶段系列。虽然这些号称“规律”的东西在一些学者中已被接受，但它们的有效性只有根据实际的历史证据才能加以评价，不能只通过考察那些包含在历史学家的著作中的陈述的结构形式就能得到解决。不过指出这点是恰当的，即不管职业历史学家赋予这些所谓的“历史规律”以什么样的实际价值，他们倾向于把发现这种规律的试图看作是对社会学(或者对“普遍化”的科学或理论科学的某个其他分支)的贡献，而不是对“严格意义上的历史学”的贡献。[1] 因

---

[1] 参见对汤因比试图建立这种规律的各种批判性研究，载《汤因比与历史学》(M·F·阿什利·蒙塔古编辑)，波士顿，1956 年。A·J·P·泰勒对汤因比的工作的评注——“这不是历史学”(第 115 页)——是有代表性的。

此，尽管一些历史学家无疑在使用人类过去的证据来确立那些发展变化规律，但是，按照他们的绝大多数同行的意见，按照大量的历史著作的证据，他们并不是以历史学家的身份那样做的。

二、或然性说明和发生学说明

不管怎样，我们将假设历史研究主要是关心具体事件，因而我们将关注那些为历史事件典型地提供的说明。可是，历史学家有时着手于说明一个人的某个行动，有时说明那些涉及到许多人的行动的集体事件。由于在这两种事件的说明之间存在着重要差异，故分别讨论历史说明的两个相应的主要类型，就变得很方便了。而且，如同在第十章中对说明变量之间的种种一般差别的讨论所揭示的那样，历史说明在它们所提及的事件的时间尺度上也有所不同。尤其是，个体行动以及它们所发生的环境有时被描述为似乎它们没有时间之维，而另一个行动所产生的环境，但不是行动本身，有时则是按照它们的时间展开加以叙述的。因而，对个体行动的一些历史说明实际上假设，出于现实的目的，可以把那些设定来说明行动的条件看作实际上是即时的条件；但对个体行动的其他论述则为之提供了发展说明或发生学说明。因此，我们将以历史说明的一个例子来开始我们的讨论，这个例子属于第一种主要类型的说明的一个分支——这个分支试图通过陈述忽略了时间间隔的一个个体发生的条件来说明该个体的某一行动。按照这个说明代表了这一类型的假设，我们将(a)讨论在这种说明中，前提是否包含一般规律的问题，(b)给出一些理由强调这种说明的逻辑结构是或然性的，而不是严格演绎的，(c)简要地考虑一下理解这个结构的特征有些

什么意义。

1. 用以说明第一种类型的历史说明的例子,涉及到一个与伊丽莎白在16世纪登上英国王位相关的情形。由于亨利八世与罗马天主教会争执的结果,他在临死时的官衔实际上可以读作:"蒙上帝的恩赐,英格兰、爱尔兰和法兰西国王,正统宗教的捍卫者和称为英国圣公会的英国国教在世俗人间的唯一至高无上的统治者"。可是,回想一下,当他的女儿玛丽在她的兄弟爱德华六世死后,在1553年成为女王时,她废除了确立英国君主的基督教会主权的行为,重申了罗马教皇的最高权力。但当伊丽莎白在5年后继承王位时,她自己宣告"伊丽莎白,蒙上帝的恩赐,成为英格兰、法兰西和爱尔兰的女王,正统宗教的捍卫者和C。";在这样做时,她成了第一位以一种没有用全文拼写的官衔"加封"自己的英国君主。为什么她要这样做呢?法学史家W·梅特兰提出了如下说明。他首先表明宣告中的"和C"不是不经意地放在那儿的,而是有意引入的。他也指出,伊丽莎白面临着二者择一的选择:要么与已故的玛丽一样承认罗马教皇在基督教会中的最高权力,要么取消玛丽的法令,像她的父亲那样与罗马教皇绝交——每一个抉择都是一个充满严重危险的决定,因为还没有解决支持每个抉择的国内和国外的政治力量和军事力量的联合。梅特兰因而论证说,伊丽莎白为了暂时避免受每个抉择的连累,她在其官衔的宣告中采用了一个含糊的表达方式——一个完全一致于她最终可能作出的任何决定的表达方式。从而,按照他本人对这个说明的简要总结,"因而我们可以扩展这个符号:-'&C.'=以及(如果未来事件将这样决定,而不节外生枝)英格兰教会和爱尔兰教会在世俗人间的最高统治

者。”①

a．我们将假设梅特兰的说明有充分的根据，因为我们的目的是分析这个说明的结构，而不是讨论它的事实有效性。可是，若不充分地表达构成这个说明之基础的假定，就不能完成这个分析；正如历史著作的正常实践一样，梅特兰没有阐明隐含在他的叙述中的一切假定，不管他是否意识到他正这样做。例如，他把这个（对于该论证来说是关键的）事实看作是理所当然的，虽然没有正式地提及它，这就是，伊丽莎白不相信她在罗马问题上的立场的那个明显模棱两可的宣告，本身会激怒教皇动用武力反对英国。但除了这个单称陈述外，梅特兰也不经意地把关于人类行为的概括视为理所当然的，而这些概括对他的论证来说也并非不够关键。例如，在认为伊丽莎白为了允许她自己推迟一个主要决定（直到那个决定变得万无一失时才做出），而在她对基督教会的主张上采取一种不置可否的措词时，梅特兰暗中接受了某种关于人的行为的概括，这个概括的精确形式不清楚，但它必定是断言(a)和(b)之间的关系：(a)在确定的表态变得危险的时候，人们被期待着发布的、关于他们对某个政策的公开表态的公开陈述；(b)为了避免不成熟的表态，在这种陈述中使用含糊其辞的语言。如果没有这种假定，就没有理由认为伊丽莎白在其登基宣言中采纳的表达方式与她所面临的窘况有什么联系。

但这样的概括对个体行动的一切历史说明都是必不可少的

---

① F·W·梅特兰："伊丽莎白拾遗"，载《选集》，伦敦，1911年，第3卷，第157—165页。在认为伊丽莎白是以所描述的这种方式"加封"自己的第一位英国君主上，梅特兰错了。如英国史学家A·F·波兰德指出的那样，她已被她的姐姐玛丽抢先了。

(即使如通常的情形那样,不明确陈述这种概括)。也许除了通过对历史著作的系统考查外,这个一般主张的建立是无法摆脱怀疑的阴影的;不过可以表明这个论点是高度可信的。因为这种类型的历史说明目的在于阐述这一理由:为什么某个特定的个体 x 在情形 z 下决定有意地以方式 y 行动。但可以把个体行动的可能理由归结在少量广泛的范畴之下,这里每个范畴接着又可以划分为合适的从属类;通过考虑如何能够表明每个范畴中的可能理由实际上是一个个体行动的决定性(或"因果")条件,我们就能说服我们自己:以上论点是可靠的。实际上,三个主要的理由范畴看来就足够了,我们将简要地描述这些范畴。

由于假设要待说明的行动多少是有目的的,它们大概是行动者在可以得到的可能的行动路线中进行决断的结果。因此,一个范畴由一些理由组成,这些理由断言,各个抉择的某些特征属于该行动的决定性条件。这样,在梅特兰的例子中,伊丽莎白看来已认识到三条可能的行动路线(虽然其他抉择实际上对她也有可能,但她没有想到):直接宣告她自己是英国教会的统治者,立即承认罗马教皇的最高权力,或顺应时势,迎合潮流。她似乎已赋予这三个抉择以某些特征,比如说,她认为前两个抉择有产生严重动乱的"潜在"可能(即没有实际实现或公开表现的能力),而第三个抉择则缺乏这一可能。第二个范畴包括把一个因果作用赋予活动者之特征的理由。因而伊丽莎白具有种种天生的冲动和性格倾向(如敏捷的智慧),具有大量后天的个人目的和倾向(如妥协的能力);作为贵族的一员和作为君主,她也有目标、价值和责任(如避免英国内战)。第三个理由范畴关系到行动者周围的环境,它们与各种抉择相联系,因而对活动者施加压力。例如,伊丽莎白必须听从官方顾问的劝告,她意识到玛丽的宗教狂热普遍不受欢迎,但她也得到西班牙的菲利普二世借

教皇的名义倾向于用武力反对英国的情报。[①]

现在,在所讨论的这种类型的历史研究中,重要的一步显然在于表明,在每个范畴中那些被猜测是一个特定行动的决定性条件的因素,实际上已出现在那个行动场合中。可是,虽然这一步是本质的,但显然它没有证实这些因素中的哪些(或就此而论,是不是其中的任何因素)是那个行动者的行为的实际理由,因为一个因素确实可能出现在这个行动场合中,但可能在因果关系上不起作用。因此,了解到一个因受指控谋杀而受审的人对受害者怀有仇恨,这不足以表明他犯有谋杀罪,或者不足以表明即使他杀死了受害者,他这样做乃是因为他的仇恨——因为,虽然这个被指控者犯有杀人罪,但他可能是偶然杀死死者,因为他是被收买这样做的,或者因为一些别的理由。类似地,即使一位历史学家对安东尼疯狂地爱上克娄巴特拉有无可辩驳的证

---

① 对个体行动的历史说明是对这种问题的回答,这种问题类似于在当前的社会研究中挂在"理由分析"之名下来研究的问题。"理由分析"表示在方法论上有意识地使用新近发展起来的研究技术,这些技术用于决定为什么人们在既定场合表现出他们表现出来的行为——例如,为什么移民离开他们的故土,为什么已表明了其投票选举意图的人们结果没能这样做,为什么人们加入这个读书俱乐部而不是那个读书俱乐部。对这些询问的回答主要是通过访问其行动受到研究的人而得到的;以这种方式获得的回答的价值,基本上取决于是不是遵循合适的"清算账目方案"(即问题范畴系统)来构造被寻问的问题。这种清算账目方案对历史说明分析的重要性已得到保尔·F·拉扎斯菲尔德的强调,他已在他的著作中建议使用这种方案。对理由分析的论述,参见《社会研究的语言》(P·F·拉扎斯菲尔德和莫里斯·罗森伯格编,伊利诺斯,1955年)第5段尤其是第387—391页;也可参见汉斯·蔡塞尔:《以图言说》,第4版,纽约,1957年,第6、7章。理由分析中所采用的方法为第十三章中接受的这个一般见解——能够成功地用行为主义方法来分析人的倾向和意图——提供了额外的支持。此外,理由分析的产物证实了这一观点(以及有效地向最近与此相反的主张提出挑战):历史学家按照那些促成行动的理由对个体行动的说明并非不同于在其他科学领域中对个体事件的说明——无论是在说明前提中暗中使用了概括上还是在为了保证因果归因而要求的逻辑上。

据,但这也不足以证实这个主张:安东尼是因为他的爱情才逃离阿克提翁战役。因为安东尼具有与他对克娄巴特拉的爱情无关的其他倾向和目标,结果,他的行动可能是(比如说)他要使埃及成为罗马的粮仓这一野心的结果。

但如果单是这一证明——一个特定的因素是一个个体完成某个特定活动的情景——还不足以证实这一主张,即这个因素就是这个人为什么要那样活动的理由,那么,一位历史学家怎么能保证他把一个因果作用赋予了这一因素呢?有时认为历史学家具有认识人的行动理由的特殊能力,如果我们驳回这个建议,因为它没有回答问题,那么,看来就只有一个可行的回答了。历史学家可以用一个假定为他们的因果归因辩护,这就是,当给定的因素是人们行动的一个情景时,一般来说,他们就以一种类似于在这个因果归因中描述的特定行动的方式进行活动,结果,历史学家所讨论的这个个体大概也是以这种方式进行活动的,因为给定的因素出现了。总之,在对个体行动的历史说明需要某种概括。

b. 只有当把一切暗中假设的前提都阐明时,才能决定一个说明的结构;由于,作为一条规则,历史学家在说明个别行动时并不陈述他们作出的一切假定(实际上,他们往往没意识到他们认为理所当然的许多关键假定),因而他们的叙述究竟属于什么模式,并不是在当时就清楚的,仅仅根据历史学家实际提出的说明并不显示演绎结构这一理由,就推断说这种说明不具有演绎形式,这一定没有充分的保证,正如因为一个人提出的论证恰好省略了三段论便推断说他不是在做演绎推理得不到辩护一样(例如,一个人论证火星由于发射光而发亮,因为火星是行星,但他没有明确提到一切行星都由于发射光而发亮这个前提)。因此,虽然完全陈述历史说明中那些被视为理所当然的假定是一

项艰巨(也许实践上是无望的)的任务,但在刻划历史说明的结构时,必须假设这个任务已经完成。

让我们首先考察对个体行动的历史说明显示了演绎模式这一观点。显然,如果能够自由选择前提的话,这种说明实际上就属于演绎形式。例如,可以给予梅特兰对伊丽莎白宣告她的官衔方式的说明以一个严格演绎形式,如果引入一个严格全称假定作为附加前提的话。这个说明的完整形式如下:每当一个人被迫公开宣布他要公开采纳几个可供取舍的政策中的某一个时,作出这个宣告的环境是这样的,以致于他相信只要宣告明确地承诺任何一个政策,就会给他自己带来严重危险,因而这个人将以含糊其辞的语言来表述他的宣告;在她认为无论她以何种方式宣告她的决定,她都会面临危险时,伊丽莎白被要求宣告她在罗马问题上的立场;因而伊丽莎白便以含糊其辞的语言来表述她的宣告。

可是,虽然在这个形式上有效的论证中,第二个前提实质上重复了梅特兰明确持有的看法,但第一个严格全称前提并没有;他或者其他人也不可能已接受这个前提。因为情况不恰好是这样的:一切人在第一前提指定的条件下都会使用含糊其辞的语言,由于有一些人(不论他们是由于诚实而不妥协、无畏,还是完全痴呆)以一种勇往直前的方式宣告他们对某个行动方针的采纳——甚至在他们顺应潮流、见机行事是有利之时。因此,上述论证中的第一个前提是一个关于在其中提到的东西的假概括,所以这个论证不是对伊丽莎白的行为的令人满意的说明。另一方面,关于那些东西的可靠假定至多具有统计形式,而不是严格全称形式;例如,它断言绝大多数人或一定百分比的人以指出的方式行动。但若以某个可接受的统计概括来取代第一个前提,则结果得到的论证就不是一个形式上有效的演

绎论证，它的前提不是以必然性而是以某种程度的“或然性”来保证其结论的。

因此，如果在梅特兰的说明中暗含的概括是可靠的，则这一概括在形式上是统计的，按此假设，难道这个说明在其结构上必须被表征为或然的，而不是演绎的吗？当然，不排除原则上可以建立起适合于那些东西的严格普遍的概括。可是，当前看来还不能得到这样的概括。此外，按照前一章对社会科学概括的统计性质的讨论，[①] 若能建立起关于人的行为的有充分根据的普遍规律，那么，就必须按照高度提炼的区分来表述这些规律，而这种区分在历史学家的兴趣范围之外。这样，假设伊丽莎白对她含糊其辞地表达的头衔的宣告可以严格地从一些前提中推导出来，这些前提其中包括以量子理论的术语来表述的关于她的内分泌腺的状态、她的神经突触的条件、她的脑细胞和组织以及她所受到的各种物理刺激的强度的假定。一个不算不合理的猜测是，绝大多数历史学家和绝大多数历史文献的读者都会对这种说明感到厌恶，因为那不是他们习惯的历史说明，或者因为那不是他们颇有兴趣的历史说明。[②] 就此而论，梅特兰对伊丽莎白用含糊其辞的语言来宣告她的头衔的理由的说明，可以被万无一失地看作是对个体行为的历史说明的代表。因此，一般来说，这种类型的历史说明具有或然性结构，这个论点是有坚实的基础的。

---

① 见本书第505—509页。

② 一位专业人类学家已把这一点阐述如下：“人的科学并不强使它们远离‘显’实在，而进入事物的那样一种秩序当中——在那里，在虚无中波动的几率波提供了共性。不管好坏，人的科学关心实在的表层现象；如果它们完全地抛弃这一点，它们就会摧毁它们的研究题材。”——S·F·纳德尔：《社会人类学基础》，伊利诺斯，1951年，第195页。

更进一步的考虑加强了这个论点，这个考虑也可以用梅特兰的例子来说明。我们一直在讨论那个例子，好像梅特兰的唯一意图是说明伊丽莎白的那个宣告的含糊其辞的语言。但回想一下，他是打算说明伊丽莎白在宣告她的即位主张时为什么"加封她自己"，而不仅仅是说明为什么在这样做时她采用一种*含糊其辞的表达方式*。但即使有可能通过把后一个事实从某一组可信的前提中演绎出来而说明它，伊丽莎白使用这个特定用语"和C"（而不是使用她由此已实现了其目的的某个其他表达式，例如"以及等等"），这个陈述不会因此就在一个演绎形式中得到说明。相反，在提出的这一假定下，她采用这个用语"和C"，这一事实已被表明是唯一可能的。另一方面，如果保留适合于历史学家通常进行的分析层次的区分，那么就可以忽视这一可能性：对于在一个行动路线上犹豫不决但又想掩盖其优柔寡断的人来说，可以建立一些有关他们对这个特定用语"和C"的使用的严格普遍规律。因此，确实没有希望为伊丽莎白在她的宣告中对这个用语提供一个具有演绎结构的说明。

可以更一般地阐述刚才例证的这一要点。设 A_1 是一个个体 x 在某个时刻 t 为了实现某个目标 O 而履行的一个特定行动。但历史学家不想说明执行行为 A_1 的整个细节，而只说明 x 对行动 A 的一个*类型*的执行，这个类型的行动的具体形式是 A_1、A_2、……、A_n。进一步假设，若 x 在时刻 t 已履行由各种特殊形式的 A 构成的类的子集 A_1、A_2、……、A_k 中的任何一个行动，则 x 已能实现目标 O。因此，对于 x 在时刻 t 履行了行动 A 这一事实来说，即使一个历史学家成功地为之提供了一个演绎说明，但他并不因而成功地以演绎的方式说明 x 在那个时刻对具体行动 A_1 的履行。因而，这位历史学家的说明至多只是表明，在这些规定的假设下，x 在时刻 t 对 A_1 的执行是可能的。

c. 对个体行动的历史说明因而在结构上是或然的，这种说明的形式是那些进入说明假定之中的、关于人的行为的可能概括的统计特征的结果。但是在什么意义上来解释这些概括的“或然性”特征呢？对这个颇有争议且仍未解决的问题的合适讨论，需要详细分析或然推理和归纳推理的结构，但二者都不能在这儿进行尝试。不过为了阐明那个特征的意义，必须说一些东西——虽然只是简要地。

无疑，或然性论证尤其是历史说明的突出特点，是它们的结论不是其前提的逻辑必然推理，甚至当明确地陈述一切经验上得到保证但只是暗中采用的假定时。因此，那些为历史学家成功地说明的行动，都不可能由谁从说明前提所包含的信息中预言到(在被严格地推导出来的意义上)——即使这个人可以得到先于那些事件的信息；这就是说，在历史说明中，前提的真与其结论的假完全相容。从而，假设：“个体 x 在时刻 t 以方式 A 行动”是一位历史学家对他试图为之找到理由的某个行动的纲要表示，最终给出的说明具有“个体 x 在时刻 t 处于环境 C 中”的形式，加上这个暗中的附加前提“总的说来，在环境 C 中，个体以方式 A 行动”。显然，由于前提不足以在逻辑上确立起结论，这样，前者可能无可辩驳地是可靠的，即使个体 x 在时刻 t 没有以方式 A 行动。

事实上，历史学家往往难以陈述他们所研究的事件发生的充分条件。绝大多数历史说明，像对一般而论的人的行为的说明那样，以及实际上像自然科学中对具体事件的许多说明那样，只提到那些事件发生的一些必不可少的条件(即通常所说的必要条件)。可是，通过指出在本文中以及在这一章中对“充分”条件和“必要”条件进行比较的意图，我们必须弄明白这个主张究竟是在什么意义上得到理解的。假设当某一组条件 C 实现时，

一个事件 A 就会发生，以致于陈述 S_1"若 C 被实现，则 A 发生"被假定是真的；但为了允许一个可能性，即当某组与 C 不同的条件 C^1 被实现时，A 就会发生，我们将不假设 S_1 的逆命题（"若 A 发生，则 C 被实现"）是真的。进一步假设，条件 C 在于一些因素的结合，其中的一个因素是 C_1，其余的因素是 C_2；又假设无论是 C_1 单独实现还是 C_2 单独实现，A 都不发生，但假设陈述 S_2"如果 C_2 被实现，那么 A 发生当且仅当 C_1 也被实现"为真。由于陈述 S_1，以及按照形式逻辑中的标准用法，条件 C 被说成是 A 的一个"充分条件"，而 A 则被说成是 C 的一个"必要条件"；但按照我们作出的这些进一步假定，显然，在"必要的"这个意义上，C_1 不是 A 的一个充分条件。不过，由于按照陈述 S_2，当 C_2 但不是 C_1 被实现时，事件 A 将不发生，即使当 C_1 和 C_2 都被实现时 A 将发生，这样，如果我们假设条件 C_2 已被满足，则 C_1 是 A 发生的一个必不可少的条件，为了把"必要条件"的这个涵义与形式逻辑中指定的涵义区分开来，相对于 C_2，说 C_1 是 A 的一个"偶然必要条件"；为便于指称，我们将以"绝对必要条件"作为形式逻辑中指定的标准涵义。借助于这一区分，现在我们可以更清楚地阐明如何分析这一主张——历史说明不提及事件的充分条件，而只是提及它们的一些"必要条件"。这里，引号中的表达式要在"偶然必要条件"而不是"绝对必要条件"的意义上来理解。可是，由于在本章中没有机会涉及那些不是事件的偶然必要条件的东西，因此我们基本上取消这一较长的短语，而使用"必要条件"的简称。

让我们论证这一论点，即历史说明主要只引用事件发生的一些偶然必要条件。梅特兰在对为什么伊丽莎白回避在罗马问题上的立刻作出决定的说明中，他描述了他以为是伊丽莎白行动的理由（因此，一个必要条件）的一系列事件的复杂背景。

可是，梅特兰明确引用的事件显然不足以导致她的行动，以致于在他的说明中没有提到许多其他的情景，而这些情景对于她以那种方式行动(例如伊丽莎白神智健全，或她想避免内战)并非不是必不可少的。梅特兰没有引用这样一些附加的必要条件，也许是因为在他看来它们太过明显而无需在形式上加以陈述。但若有一些不够明显的陈述他没有提及，无疑是因为他不知道一切条件——在这些条件缺乏时，他试图说明的行动就不会发生。因此，(无论是在自然科学中，还是在对人类过去的研究中)对特定事件的说明往往只是在种种限制下才接受的，一个通常的限制便是著名的 ceteris paribus[①]——假若其余情况均相同，那么，就可以认为在一个说明中明确提到的那些条件说明了某个事件，这里，这些"其余情况"往往不得而知，或只能冒险地提出。[②]

当按照有效的演绎推理的标准来衡量时，前提的不完备性，前提所表述的是事件发生的必要条件而不是充分条件，这两个公认的特征部分地阐明了历史说明是"或然性"说明的意

---

① 拉丁文，意为"假若其余情况相同"。——译者

② 甚至在高度发达的物理学分支中，"ceteris paribus"从句(正文中的破折号后的语句)也经常被暗中使用。例如，借助于牛顿的理论，再加上有关一些东西的例示资料，可以说明一颗子弹在特定时间的抛射路径。对子弹路径的说明明确提及枪被发射时的纬度、枪所瞄准的方向、子弹离开枪口时的初速度以及空气阻力；但不可能提及地球相对于太阳系和其他银河系的位置。这个说明之所以忽视后面这些东西，是因为一个已被吸收入牛顿力学的假定：抛射体的质量保持不变，这一质量不仅独立于抛射体的速度，而且也独立于它与其他物体的距离。直到马赫对牛顿力学提出批评时，物理学家们才恍然大悟：一个物体的惯性可能是它与宇宙中其他一切物体的距离的函数。(这个假定因而被称为"马赫原理"，在近来的物理宇宙学中已得到认真的考虑。)因此，虽然一个抛射体与所有其他物体的距离明显发生变化，但在说明一颗子弹的抛射路径时，通常并不提到这个变化，它被暗中划在 ceteris paribus 保留之下。参见奥拉夫·赫尔默和尼古拉斯·里希尔："论不精确科学的认识论"，《管理科学》第 6 卷(1959 年)，尤其是第 25—33 页。

义。对于我们目前的讨论来说，对历史说明的特征的这个部分阐明就是本质所在。但是，当尝试一个更完全的阐明时，为了表明还没有解决的问题究竟位于何处，在我们对“或然性”这个词及其引伸词提出来的许多解释中，特意选出两个简单地提及一下。

按照一个最古老的概念，一个给定陈述 h（或按照习惯用法，一个给定的“假说”）相对于特定前提或“证据” e 的概率，测度一个个体在具有信息 e 时对 h 的真值所具有的信任（或按照一些表达方式：信念强度）。概率的这一概念是以一个假定为依据的，即在 x 给予有关信念以信任时，在某种意义上他是“合理的”或“有理由的”，由于这个解释符合于这个事实：不同的个体相对于同样的证据会把不同程度的概率指派给同一个假说，因此按照这个观点，概率不是陈述的一个完全客观的关系性质，它具有一个不可排除的“主观”成分。两个世纪以来，这种“主观”解释占据着统治地位，但由于它所存在的种种内在困难，其中的一个困难便是对主观信任状态上的差异定义一个定量标准的技术性困难，这个解释失去了绝大多数概率论研究者的宠爱。

可是，最近这个解释又以改进的形式流行起来，在“个人主义概率”的名称下，它在当前统计决策理论的发展中起着突出作用。按照这些改进形式之一，比如说，拥有证据 e 的一个人应指派给假说 h 的概率，是用如果这个人打赌 h 的真可能发生，h 的假不可能发生，那么他愿意接受的机会来定义的，结果，这个概率就测度这个人在采纳 h 而拒斥 h 的否定时他准备冒的风险。这样，假设按照给定证据，一个人提供9:1的机会来支持陈述“明年4月纽约不下雪”的真；这就是说，若在相信这个陈述为真上他错了，他同意付9美元，如果他对了，他就得到1美元。

那么对这个人来说，相对于他拥有的证据，那个陈述的概率是9/10。

假设这个例子是解释一般而论的或然性论证的范例，则历史说明的或然性结构可以用本质上类似的方式来加以阐明。为了例证这个阐明，让我们忽略种种复杂情况，假设某个人 x 不知道伊丽莎白在宣告自己的头衔时"加封"了自己，但给予这个人以梅特兰对伊丽莎白的行动的说明前提中所陈述的信息。进一步假设，要求 x 在规定的情形下打赌伊丽莎白是否会"加封"自己，他偏向接受7:3的她这样做的机会。那么相对于他可得到的证据，对 x 来说，伊丽莎白将以那种方式行动的概率是7/10。

可是，一个稳妥的估计是，当今在其研究中采用了统计假定和统计分析的绝大多数学者，都以不同的方式赞同对"概率"这个词的另一个截然不同的解释。按照这个二者择一的观点，只有联系着那些包含特定属性的重复实例的类（如在人的出生这个类中，是男性这一属性），才能有意义地使用这个术语；按照这个解释的一个通常持有的变种，在一个特定的类 R 中，一个特定的属性 P 的概率，是 P 的实例在 R 中出现的相对频率。如在一个出生系列中，前100个实例中如果有52个是男孩，又若当这个比例逐渐变长时，男性对出生总数的比率明显变化，那么在出生这个类中，生男孩的概率是52/100。与个人主义解释相比，按照这个解释，一个概率度因而是对一个完全"客观的"性质的测度，由于这个性质完全不依赖于任何人的、关于具有该性质的这些类的信念。

但需要对这个解释稍微重新表述一下，才能弄明白它对于阐明历史说明是或然性说明的意义的关联。这个重新表述取决于一个逻辑手段，我们已联系着对科学理论的工具主义的分

析讨论过这一手段。[1] 给出一个论证，该论证含有一个例示结论和作为前提之一的一个一般陈述，则这个逻辑程序在于从前提中消除这个一般陈述，并以一个指导原则(或推理规则)取代它，然后根据指导原则从那些纯粹的例示前提中推导出这个例示结论。因而，假设一个历史说明可以用这个简单图式来表示：在情形 C 中，绝大多数个体以方式 A 行动。个体 i 在时刻 t_0 处于情形 C；因此(或然地)个体 i 在时刻 t_0 以方式 A 行动，这里"C"和"A"是不变的谓词，"i"指代一个特定个体，"t_0"是一个特定时刻。设"Cx,t"是陈述形式"个体 x 在时刻 t 处于情形 C"的缩写，"Ax,t"是陈述形式"个体 x 在时刻 t 以方式 A 行动"的缩写，"L"是指导原则的缩写——这个指导原则假定："Ax,t"形式的一个陈述可以从"Cx,t"形式的一个陈述中推出。现在定义由论证构成的一个类 R 如下：R 中的每个论证有一个"Ax,t"形式的结论，这个结论是按照 L 从"Cx,t"形式的一个前提中推出的。假设存在着一个确定的相对频率，一个真的结论以此频率按照 L 从 R 中的一个真前提推出。通过定义，这个相对的"真值频率"就是在 R 中具有一个真前提的论证有一个真结论的概率；此外，以上这个历史说明等价于属于 R 的一个论证。因此，按照这个解释，一个历史说明在如下意义上是或然的，即它对应于属于一个论证类的一个论证，而在这个论证类中，相对真值频率小于 1。

可是，虽然这个阐述和那个立足于"概率"的个人主义解释的阐述都有相当多的追随者，但它们都没有得到普遍接受，因为每种阐述都存在严重缺陷。在个人主义概率的绝大多数批评者看来，它的主要弱点是：按照这种解释，对概率的判断根本

---

[1] 参见以上第 6 章。

上依赖于那些可变的个人特征，因此，当把具有高概率而不是低概率的陈述选择为可靠说明的结论，或者作为可靠预言的根据时，并不能对此给出牢靠的理由，另一方面，在概率的真值频率解释中，人们共同注意到的主要困难是：由于不能有意义地把一个频率赋予一个单一的陈述，因此，谈论一个既定假说相对于一个既定证据的概率严格地说毫无意义。这样，经常有人认为频率解释对于阐明这个意义是内在不合适的——正是在这个意义上，对某个特定行动的历史说明表明了那个行动是或然的。可是，虽然对真值频率概念的批评并没有对其倡导者的主张造成致命打击，但在这儿却无法追逐对这个问题及相关问题的讨论。[1]

2. 迄今为止，我们一直在讨论那些按照忽略了其时间间隔的条件对个体行动的说明。现在我们必须考察那种按照时间上展开的情形对行动的历史说明显示出来的模式。

这种说明通常采取叙述的形式。虽然往往没有明确表达说明所描述的事件之间的依赖关系，但按照叙述的时间顺序对事件的选择无疑是以一个隐含的假定为依据的，这就是：一些事件是另一些事件的必要条件。这种说明的一个例子有助于

---

① 论述概率论基础的文献浩若烟海。对已被采取的各种见解的一般考察，参见拙著："概率论原理"，载《国际统一科学百科全书》，芝加哥，1939 年，第 1 卷，第 6 号。对于主观主义解释的现代变种，参见弗兰克·兰姆赛："真值与概率"，载《数学基础》，伦敦，1931 年；布鲁诺·德·费尼提："预测的逻辑规律和主观来源"，载《亨利·庞加莱研究所年鉴》，第 7 卷(1937 年)；列奥拉德·J·萨维奇：《统计学基础》，纽约，1954 年，尤其是第 3、4 章。对于相对频率概念，见 R·冯·米塞斯：《概率论，统计学和真理》，纽约，1939 年；汉斯·赖欣巴赫：《经验和预言》，芝加哥，1938 年；对于真值频率形式，见查尔斯·S·皮尔士：《选集》(由查尔斯·哈茨霍恩和保尔·维斯编)，坎布里奇，马萨诸塞州，1932 年，第 2 卷，第 465—477 页。对这个论题的更不同的探讨，见 J·M·凯因斯：《论概率》，伦敦，1921 年；R·卡纳普：《概率的逻辑基础》，芝加哥，1950 年。

我们弄明白它们的结构。因此让我们考虑历史学家 G·M·特里维廉对如下问题的说明，即为什么白金汉的伯爵(第一)最终反对年轻的查理王子(后来的查理一世)同西班牙公主玛丽亚结婚，尽管直到 1623 年，白金汉一直是这个方案的热心支持者。在指出白金汉已对推迟婚姻计划变得不耐烦、他得到詹姆斯一世的允准，准备同查理一起去西班牙迎娶公主回国后，特里维廉继续道：

> 他们秘密地乘船，乔装打扮在法国匆匆而过，令人吃惊地出现在马德里的大街上。查理虽然迫于西班牙的礼仪而没有获准与可怜的公主交谈，但还是想象他已与公主一见钟情。没有为公众幸福考虑的想法，他表示要向英国天主教做出让步，取消刑法，允许他的孩子按照母亲的信仰来接受教育。可是，西班牙人仍然缺乏这些允诺实际上会得到实现的保证，仍然拒绝撤离巴拉登(詹姆斯希望通过这个预定婚姻而实现的一个目标)。同时，白金汉和西班牙民族之间也产生了个人争执。这个宠儿……既没有注意到西班牙人的礼节，也没有注意通常的礼节。高傲的西班牙下级贵族无法容忍他们的失礼。……英国绅士们——不久便站出来迎合他们的失去理智的统治者(即白金汉和查理)——对他们穿过的那片不毛之地、乞丐一样的人群和糟糕透顶的饭店大加嘲弄，而对英国则夸夸其谈。他们在马德里不受欢迎，自认为受到牧师的纠缠。……他们开始憎恨西班牙人，害怕这场婚姻。白金汉对他周围的那些人的情绪极其敏感，不久便把他自己对西班牙的情绪的变化透露给这个沉默寡言、闷

闷不乐的男孩——在他激情上涨、热血奔涌的时刻，

白金汉总是带着他。[①]

可以认为这个叙述描述了一定量的事件或事态，其中一些以连续的顺序产生，而另一些则多少是同时发生的；所提到的每个情形显然都是这个系列的某个稍后事件的一个偶然必要条件。因而，假定"C_i"是对一个事件的描述的缩写，其下标指示事件的时间顺序，上标指示差不多并存的事件。下列顺序是列举该叙述所描述的事件发生的一种方式：C_0（白金汉渴望查理和公主联姻）；C_1（在以上引文中没有提及但挫败了他的愿望早点实现的各种情形）；C_2（白金汉对婚姻的拖延不耐烦）；C_3（白金汉决定赴西班牙迎娶公主以实现他的目的）；C_4（他得到詹姆斯一世的同意与查理一起去西班牙）；C_5（白金汉与查理乘船到法国）；C_6（他与查理乘车穿过法国到西班牙）；C_7（查理做出有关对待英国天主教的允诺）；C'_7（西班牙拒绝撤出巴拉登）；C''_7（白金汉在其行为上表现出有问题的失礼）；C_8（西班牙人对白金汉表示抗议）；C'_8（一些英国绅士到达西班牙与白金汉和查理站在一起）；C_9（这些英国绅士的行为使西班牙人进一步对抗）；C_{10}（这些英国人开始仇视西班牙人、仇视查理与公主的婚姻的前景）；C_{11}（白金汉意识到这种仇视和西班牙人的对抗）；C_{12}（白金汉改变他渴望这个婚姻的思想、变成这个计划的反对者）。

为了初步刻划特里维廉的说明的结构，让我们现在表明我们从这个叙述中抽取出来的这12项中的一些是如何联系（或不能联系）的。首先，C_0 和 C_{12}（正要为之提出一个说明的行

① 乔治·M·特里维廉：《斯图亚特王朝下的英国》，纽约和伦敦，1906年，第128—129页。

动)之间似乎毫无联系,除了前者是后者的"反面"之外。要设想一个合理的概括——这个概括允许我们在给出 C_0 时推断说 C_{12}会或然地发生——那是困难的;不管怎样,对这样的概括不得而知。不过,为了论证起见,假设特里维廉的叙述事实上是可靠的,他的论述的确表明了从早期状态到晚期状态的转变为什么确实发生。他成功地表明了这一点,通过在 C_0 和 C_{12}之间插入一些事件,因此"填补了"在一个序列中的初始状态和终止状态之间的时间间隔。问题是要决定把这些额外款项引入这个论述在什么方面有助于说明白金汉态度的转变。

其次,不存在能使我们从 C_0 推导出 C_1 之可能性的概括。相反,根据在特里维廉的论述中包含的信息,C_1 只能被看作是一个完全外在于 C_0 的事件,它必须被接受为恰是一个"蛮横的事实"——一个像 C_0 一样未经说明的初始条件,虽然晚于 C_0 的出现。对于该叙述中提及的其他一些事件,如 C_7 与以上序列中先于它的事件的关系,也可得出同样的结论。

但第三,一旦给出 C_0 和 C_1,我们就有可靠的理由期望,若我们把如下假定接受为可靠的,则 C_2 也会发生,这个假定(以后我们以"$L_{01,2}$"来代表它)是:一般来说,当人们相信他们的计划屡次受到他们不喜欢的人挫败时,他们就会变得不耐烦。从而我们能够说明 C_2。此外,由于条件 C_0 在 C_1 自始至终的存在中继续出现,这两个条件可以看作 $L_{01,2}$的同时存在的初始条件,结果这一说明就具有我们已经熟悉的那种或然性结构。对于以上序列中的其他事件来说,一旦它们相继得到实现的必要条件被认为已产生,且如果能得到有关那些条件和事件的可靠概括,那么,就能给予它们以类似的说明。尤其是,如果我们假设 C_{11}已经发生,假设存在着某个有充分根据的概括 $L_{11,12}$(这个概括关系到人们对比如说出现在 C_{11}中的那种条件的反应),

例如这一概括——相信自己、相信他们自己的善意受到外来群体的讨厌，并且对讨厌他们的善意的这群人所回报的仇恨也很敏感的大多数人，对那群人就会发展出一种强烈的敌对态度——那么，就可以以同样的方式说明 C_{12}。

最后，应该指出，可以增加，也可以削减特里维廉的论述在 C_0 和 C_{12}之间所插入的事件的数目。这个数目多大，这取决于种种考虑，其中，取决于历史学家出于艺术效果，或者因为只想提及“最重要”的东西，而发现适合于包括进他的叙述中的细节的数量；取决于他实际上支配的关于过去的信息；取决于他的研究范围和他所追求的分析层次；取决于他为了说明插入事件而采取的隐含概括；取决于他为了令人信服地表明，某些假设的依赖关系在他正在考察的事件之间确实适用，他所需要的证据概念。一些作者已论证说，在每个研究领域中，对特定事件的令人满意的说明的合适模式是“事件的连续系列”模式。[①] 可是，若要完全提到事件的时间顺序序列，则只能提到数目有限的事件；因而，无论是在人类历史中，还是在任何其他地方，都没有现实的说明能够例证“连续系列”模式。不过这也是真的，即在我们正在讨论的这种说明中，历史学家力图通过插入其他事件来“填补”他们论述中的时间空白。但这一事实并不像有时所主张的那样表明这种历史说明以我们指出的方式取消了一般假定。相反，这个事实完全与历史学家对一般假定的使用相容；我们刚才讨论了历史学家为何进行这种插入的理由，讨论了支配他们所插入的事件进行选择的一些考虑。

现在让我们来刻划特里维廉的说明的逻辑结构的特征，即

---

① 威廉·德雷：《历史学中的规律和说明》，纽约，1957 年，第 3 章，尤其是第 62—72 页，第 79—81 页。

为什么到 1623 年秋天，白金汉反对查理王子与西班牙公主结婚。他的说明是我们通常所说的对某个具体事件或事态的“发生学说明”的例子，这种说明已在第 2 章中提到过，它不仅见于人类历史中，也常见于生物学（在个体发生学分析中）、地史学和其他自然科学分支中。我们因此将用一般的术语表达发生学说明的模式，而不专门参考特里维廉的叙述，尽管经过略为修改，我们将继续使用在讨论那个例子时引入的记法。

对时刻 t 发生的一个特定事件或事态 C_t 的发生学说明表明 C_t 是一个事件序列的结果，这个事件序列的初始项是先于 C_t 而存在的某个事件或事态 C_O。[①] 因此，说明包含对一个事件序列 C_O、C_1、…、C_i，…、C_k、C_k^{I}、C_k^{II}，…、C_t 的指称，其中的一些事件多少可能是同时发生的（这些事件用具有同样下标但上标不同的字母来表示），可能具有重迭的延续时间；但绝大多数事件是在不同时间实现的。此外，只有当一个事件是这个序列中的某个稍晚的事件发生的一个必不可少的条件时，才把它包括进这个序列中而提到它。

从而可以把对一个具体事件的发生学说明的逻辑结构表征如下：(a)其前提属于两个类 C 和 G 中的任何一个。C 中的每个前提 Si 在形式上是单称的，它断言事件（或“条件”）C_i 已发生。虽然在发生学说明中，难得明确地表述 G 中的陈述，但它们在形式上是普遍的，且往往是统计陈述而不是严格全称陈述。这些概括断言事件 C_i 之间的种种依赖关系；比如，概括 Lij、k 或许断言：在某些方面类似于 C_i 和 C_j 的事件基本上是由

---

① 选择 C_O 而不是选择过去的某个其他事件作为这个序列的初始项的理由，往往是多种多样的。这些理由可能取决于诸如研究题材、所采纳的分析层次、想要说明的听众已具备的信息，乃至在何处便于开始这个说明的需要此类的东西。

类似于 C_k 的事件跟随着。(b)例示陈述(也就是那些在 C 中的陈述)分成两个子类 C_1 和 C_2。对于 C_1 中的每个陈述,可以给予一个要么是或然性,要么(难得)是演绎形式的说明,这个说明中的一些前提属于 C,而另一些前提属于 G,并且,一个例示陈述 S_1 是一个既非对 C_i 的说明也非对早于 C_i 的任何事件的说明的前提。例示陈述 S_t(断言要对其提出发生学说明的那个事件的产生)显然必须属于 C_1,因为否则 C_t 就不会在发生学上得到说明。另一方面,子类 C_2 包含着 C 的一切这样的陈述,这些陈述不属于 C_1,因此,不足以说明 C_1 中的陈述的方式得到说明的。因而 C_2 中的陈述是那些表述发生学说明的初始条件的陈述,它们必须完全被接受为资料。C_2 至少必须包含一个陈述,即 S_O,一般来说它也会包含更多的陈述。实际上,发生学说明的一个突出特点便是,C_2 中的初始条件陈述数量众多,它们所指定的条件不是完全同时实现的,在很大程度上,那些条件不能先于它们的产生而得到陈述。

总之,一般来说,可以把对一个具体事件的发生学说明分析成为一个或然性说明序列,这些或然性说明的例示前提指称那些在不同时间发生而不是同时发生的事件,而且,这些事件至多只是那些前提所有助于说明的现象的一些必要条件,而不是对充分条件的完整补充。

3. 最后我们转到聚集性事件的说明,聚集性事件是由许多人的行为构成的,例如某个新的社会制度的出现,一个国家在一既定时期的人口增长,一个特定战争的爆发。这种事件,尤其是当它们涉及大量人员,或在时间上延续相当长时,往往不是精心制定的计划或协调一致的行动的结果;甚至它们通常不是参预它们的任何人所设想的预定结果。因此,与对个体行动的论述相比,对这种事件的说明在历史学家当中更是众说纷

纭,莫衷一是。因为不同的历史学家赋予聚集性事件的"因素"或"社会力量"经常变化很大,在对这种事件的许多论述的合适性上,训练有素的学者之间仍然存在着激烈分歧,这是缺乏得到充分证实和普遍认可的社会变化理论的见证。可是,我们不关心这种类型的说明提出的实质性问题,也不关心任何一个往往构成这种说明之基础的"历史因果关系理论"(亦即多少得到明确表达的有关社会变化的决定因素的假定)。我们将全力以赴地关心这种类型的说明所显示的模式。但由于篇幅所限,不能详细考察这种说明的几个例子,尽管每个例子都适当地处理了那个模式的错综复杂性,我们只能指出这个模式的一些突出特点。

对于一个具有可估计的复杂性程度的聚集性事件来说,通过把它看作某个周而复始地发生的事件类型的一个事例,然后按照某个关于那种类型的事件的(隐含的或明确的)概括,来揭示它与先前存在的条件的依赖关系,从而说明它,这基本上是不可能的。例如,在试图说明新教改革时,历史学家不是通过把它仅仅看作一般而论的改革(或甚至一般而论的宗教改革这个更狭窄的类)的一个实例,不是通过实际上论证,由于改革是在某些条件下发生的,由于那些条件在16世纪的德国得以实现,因而新教改革是其结果。因为首先,假设可以把大规模的事件有益地划分为种种得到合适描述的类型的实例,则一个既定类型的已知实例的数目往往很小;由于对关于特定类型的事件所发生的条件的概括来说,证据甚少,因而关于各个类型的事件的可靠概括极其罕见。但其次,进一步假定,一个特定类型的大规模的聚集性事件的几个实例事实上已得到实现,则在这几个实例之间一定存在着重大差异;即使可以得到有关那种类型的事件的概括,但在说明一个既定实例的产生上,这些概括不可能很有用。例如,历史上已屡次发生政治革命,这个现

象已经得到详尽的研究。[1] 虽然 1775 年美国革命，1911 年中国革命，1917 年俄国革命都是这一现象的例子，但在它们所发生的环境上，在它们的发展历程上，它们在许多重要的方面有所不同；革命作为一类聚集性事件，关于它们的可能概括在说明为什么发生了 1917 年俄国革命上，用处不大。

因此，说明的"覆盖律"模型（亦即这一观点：对具体事件的令人满意的说明具有演绎形式，这样对一个要待说明的事件来说，它必须被归结在一个充当说明前提的严格全称定律之下）的批评者们，在声称对聚集性事件的历史说明不显示这种模式时，无疑是正确的。[2] 实际上，若扩展这个主张，以使之认为，在有待说明的事件能够被归结在一个合适的统计概括下这一意义上，对聚集性事件的历史说明甚至不是或然性的，则这一主张仍是可靠的。不过，这些承认并没有证实覆盖律模型的批评者的一个进一步的论点，即没有任何一般假定（无论是明确的还是隐含的）进入对聚集性事件的说明之中。因为如果认为那些公认的事实证实了这个论点，则类似的论证就要求我们接受这个结论：不需要用物理定律来说明蒸汽机车的行为，因为（比如说）事实上没有这样的物理定律，它们是专门关于蒸汽机车的，而且可以把指定的蒸汽机车作为一个单一的单元归结在它们之下。但这个结论显然有错误。为了说明一个蒸汽机车的行为，就必须认识到由一些组成部分（比如机车锅炉炉膛、锅炉、驱动轮、照明灯等等）构成的一个完整的系统，只有按照那些关于这些组成部分所显示的物理现象的定律（如诸种力学、

① 参见阿尔弗雷德·穆塞尔："革命和反革命"，载《社会科学百科全书》，纽约，1934 年，第 13 卷，第 367—375 页；克兰·布林顿：《革命的解剖》，修订版，纽约，1952 年。

② 威廉·德雷：《历史学中的规律和说明》，纽约，1957 年，第 2 章。

热力学、光学定律)，才能说明该系统的几个操作，这样整个系统的特征(如牵引力、运动速度、工作效率等)最终表明是一些组成部分之间相互作用的产物。

历史学家正是以极其类似的方式来说明以巨大的复杂性为标志的聚集性事件的。历史学家无法处理像一个单一整体这样的事件，相反，他们首先必须把它分析成为一些组成"部分"或"方面"。采取这一分析，通常是为了表明：这个范围广大的事件的某些"整体"特征是这个分析力图指定的各组成部分的特定组合起来的结果。可是，历史学家的任务的首要目的是表明为什么那些组成部分实际上出现了；只有按照一些(往往是隐含的)一般假定，他才能实现这一目的，这些假定关系到那些事件可能发生的一些条件。实际上，甚至对一个聚集性事件的分析，很大程度上也是受一般假定支配的。首先，事件本身的界定——选择它的一些特点而不是另一些特点来描述它，从而把它与它大概由此发展起来的早期事态相比较，以及为了确定它的开始而采纳一些特定的时间或情形——部分地取决于历史学家对借以理解该事件的"基本"变量的一般看法。其次，当一位历史学家试图逐渐说明一个事件的发生时，他在这个事件中所区分出来的部分往往是这样一些部分：这些部分的"最基本的"决定条件是由他通常对它们所采取的概括来指定的，结果，这些决定因素往往就是在某些事件的某个实际结构中，他试图发现的那些决定因素，而这些事件则是先于或同时于他正在分析的聚集性事件而发生的。总之，正如在个体事件的说明中出现了某种概括一样，在聚集性事件的说明前提中，本质上也出现了某种概括。

因此把一个聚集性事件在概念上分解成为易处理的"部分"或"方面"的具体方式，是随着历史学家对其研究的先入之

见、随着事件的规模和它所出现的情形而变的。不过，区分对那些被分析成为部分的事件的两大类说明是很方便的：一类说明处理那些被认为具有“突发性”开端的事件，如新教改革，美国内战，德国魏玛共和国的衰落；另一类说明关系到那些被认为没有规定的开端，而是与先前的事态“相连续的”事件，比如欧洲实行封建制度、现代资本主义的发展、工业革命。可是，若我们只讨论第一种说明，则符合于我们的目的。

在这种说明中，历史学家经常区分一个事件的“即时”原因（或“突然”原因）和它的“基础”原因（或“基本”原因）。一个即时原因通常是激发一个聚集性事件的某个相对短暂的事件；它可以是一个“自然事件”（如一次灾难性地震），一个个人行动（如一个暗杀者的行为），或一个聚集性事件（如一次军事失败）。按照一种隐喻的用法，通常把基础原因称为“社会力量”，它们是由相对延续的行动方式和各种无名的个人群体所显示的不太正常的行为方式构成的。在历史说明中，经常提到的社会力量是这样的东西，比如说政治结构所施加的约束，经济利益和制度的影响，有组织的宗教所行使的控制，军事活动和军事机构的高压统治，在人们的态度和活动中显示出来的种种信念、观念和理想的作用。

让我们现在简要地考察一下这种说明的一个典型例子。英国历史学家巴勒克那夫在对魏玛共和国之衰落的论述中，发现了几个社会阶层——这种发现部分是按照这些阶层的不同抱负来鉴定的——在那个事件中扮演的首要角色：献身于普鲁士的地主贵族统治理想的军事官僚阶层和贵族地主阶层；以工业巨头和金融巨头为代表的经济团体；受社会主义目标鼓舞的工人；通过传统上获得的政治态度和宗教态度而从有组织的劳动中分化出来的商人、白领工人这两个中产阶级和农民；在得

胜的协约国中德国实业家和金融家这两个同伴，以及国内外社会主义的反对者。

巴勒克那夫描述了这些团体在魏玛共和国崩溃以前的联盟，并在一些情形中把这个联盟的根据追溯到三十年战争；但是与其论述直接相关的部分始于第一次世界大战的结束。在他看来，就魏玛共和国的最终命运而言，"灭亡早在1919年就已安排好了"，因为新政体没有以经济力量和政治力量的必然的重新分配来补充其自由的政治形式。这样，尽管德国国防军在这次战争中失败，但它所代表的阶级在德国政治中继续有说话的支配权，虽然它公开敌视这个具有新秩序的制度。有组织的工人阶级并没有给予这个魏玛政体以其专心一致的忠诚，因为它在那个制度的框架内看不到实现其目的的希望。工业势力的巨大力量失去控制，部分是因为害怕采纳社会主义制度就会受到外国干预。魏玛共和国的确得到中间阶级的支持；但他们没有行使有效的权力，看不到使自己与左翼运动结成联盟的道理。社会力量的不稳定平衡最终受到1929年的经济危机的干扰。早就由于长达七年的通货膨胀而贫困，中间阶级对魏玛共和国失去了信任，指待国家社会主义改变他们的命运。但是军队、贵族地主阶层以及实业家，由于指望他们的协约国同伴的依从，也就在希特勒那儿看到了决定性地消除共产主义在德国之威胁的机会，把希特勒作为建立他们自己的不受挑战的统治的工具。巴勒克那夫推断说，希特勒的飞黄腾达，"是代表军队的兴登堡、代表贵族统治的巴本，以及代表鲁尔[1]的实业家的新闻业巨头胡更贝格和泰森的杰作。"[2]

---

① 鲁尔：西德一个地区。——译者

② G·巴勒克那夫：《现代德国的起源》，纽约，1957年，第450页。

记住这个例子，则这种类型的说明模式可以纲要性地表示如下：设 Et 是在某个时间 t 确定了其开始的一个聚集性事件；又假设，当对 Et 进行分析时，发现它含有以方式 Rt 相互作用的一组社会力量 F_1、F_2、……Fi、……、Fn 作为它的成分。进一步假设，分析表明那些社会力量在 t 之前不久的某个时间 S 已以方式 Rs 联系起来（我们将称此为一个“平衡”状态）。如通常所设想的，说明 Et 为什么由此发生的任务有两个部分：力量的联合为什么从 Rt 到 Rs 发生了变化？为什么在时间 S 那些社会力量处于联合 Rs 中？第一个问题往往是按照一个突然性事件 et 在时间 t 的产生来回答的——这个事件 et 对一个或多个社会力量 Fi 产生了某种影响，从而打破了平衡 Rs。① 但显然这个回

---

① 一些历史学家倾向于把突然事件的作用减小到最小程度。例如，最近的一位作者认为，“……‘即时原因’实际上不是原因；它不过是结果开始变得可见的一个事件、趋势、影响和力量之链上的一点。充当一根火柴落在一堆可燃物上，或者一把榔锤击在一包炸药上的，正是突然事件。就此而论，突然事件是那些可以更令人满意地描述为‘原因’的前提的好向导。更令人满意的研究方针不是：若这个‘事故’没有发生，则会发生什么？而是，情况究竟是怎样发展到这样一个状况的？一个纯然的事故，像晚发一个消息或在一次检阅中转错了弯（这儿分别指的是路易十六拖迟通知国民议会在 1789 年 6 月 20 日不召开会议，以及弗兰茨·费迪南德的司机在萨拉热窝转错了弯），怎么能够导致一次世界革命或世界大战呢？当遵从那条研究方针时，对‘可能已是什么’的回答往往就变得容易了；人们经常会满足于，如果不是现在这个事故，则其他某个晚些的事故也会有同样的结果，因为决定性的趋势、影响和因素仍然在起着作用。……”——路易斯·戈査尔克：《理解历史》，纽约，1950 年，第 210—211 页。虽然这一观点可以理解为是对那种试图完全按照突然事件来说明过去的历史说明的反动，但它实际上把婴儿连同洗澡水一起泼掉了。若假设一个事件 E 在时间 t 不会发生，除非在那个时间碰巧发生某个突然事件 e，则声称缺乏 e 时事件 E 在时间 t 时仍会发生，这显然是荒谬的。的确，如果 E 在 t 时没有发生，它可能在另一个时候发生；但由于没有 e，“仍然起作用”的条件便不足以产生 E，那么，E 在某个其他时间发生时，某个其他的突然事件 e′必定发生——但极其可能的是二者都不发生。如果以上引文的看法可靠，那么，阻止一个人把一根划亮的火柴丢进一堆可燃物就是愚蠢之举，因为按照那一看法据以立足的推理，这种燃烧无论以何种方式都会发生。这位作者显然念念不忘事件的“更重要的”原因和“不甚重要的”原因的区分，这个区分将在本章的下一节占据着我们。

答把某个概括看作是理所当然的，这个概括关系到像 Et 这样的事件对像属于社会力量 Fi 的那种情形的可能影响。例如，在巴勒克那夫看来，1929 年的经济危机摧毁了德国中间阶级与魏玛共和国的联盟。构成这个看法之基础的隐含假定似乎是，当人们不是为自己的行为的经济灾难所逼迫，而是为归罪于一个社会制度之运行的经济灾难所逼时，他们普遍变得对那个制度无动于衷，尤其是当这个制度完全丧失了进行早期改良的希望时。说明 Et 发生的任务的第二部分，要求对每个社会力量从过去的某个较早阶段发展到它在时刻 S 的状态进行说明。这些说明通常包括几个步骤，这类似于完成该任务的第一部分所要求的步骤，尽管复杂，但每个说明都具有发生学说明的形式。总之，对聚集性事件的说明是由一连串次一级的论述构成的，这些论述具有或然性说明和发生学说明的模式。

从而，对相当复杂的聚集性事件的说明，通常不是通过把它们作为单一的单元归结在概括中出现的抽象概念之下。因此，往往不仅认为对这种事件的历史说明（尤其是在人类历史中），在逻辑形式上根本不同于普遍化的科学中的说明，而且认为在人类历史学中采用的**概念**，在逻辑结构上也与普遍化的科学中的“一般概念”迥然相异。尤其是，一般概念遵从熟悉的逻辑原则，按照这个原则，语词的外延随着它们的内涵反比地变化。例如，“生命有机体”、“动物”和“人”这几个语词是按照外延变小的顺序排列的，结果，一个语词所指示的事物的类包括跟随它的另一个语词所指示的事物的类；但这些语词的外延却是增大的，结果，一个语词所内含的属性包括前一个语词所内含的属性；从而，虽然人类被包括在动物类中，但“动物”这个词的规定性只是“人”这个词的规定性的一部分。另一方面，历史研究中所采用的“个别概念”据说就不能满足这个原则，因为这

样一个词项所指示的事件的范围越大，其意义就越“丰富”和“完整”。这样，据说“法国启蒙运动”这个词语比“伏尔泰的生命”这个词外延更广，同时也具有更完整的内涵。[1]

然而，这些看法都经不住考验。我们已经指出，应用自然科学，如关系到自动机制的工程科学，通常是通过首先把复杂系统分析成为部分来说明其操作的，结果，这些说明模式并非完全不同于许多复杂的聚集性事件的说明模式。此外，在物理宇宙起源学说和进化论生物学（只须提及两个理论科学）中，由于说明本质上部分是发生学的，因而这些说明的完整结构并不能与我们一直在讨论的历史说明的模式区分开来。因此，虽然这个模式在历史学中比在其他研究部门中出现得更频繁，但对普遍化的科学来说，它并非是一个怪客。

但不管怎样，可以证明这个看法是错的，即外延随内涵反比变化的原则不适用于历史研究的“个别概念”。因为这个看法混淆了两个相当不同的关系：两个词项的外延之间的包含关系和一个词项的一个实例和那个实例的某个成分之间的整体与部分关系。因此，“汽化器”这个词的外延并不包含在“机动车”这个词的外延之中（由于汽化器不是机动车），虽然汽化器可以是作为一辆机动车的汽车的一个部分（因而是“机动车”这个词的外延的一个实例的一个部分）；又，虽然“机动车”这个词比“汽化器”这个词有“更丰富的涵义”，但这种更大的丰富性并不歪曲以上的逻辑原则。类似地，“伏尔泰的生命”这个词项的外延不包含在“法国启蒙运动”这个词项的外延中，尽管伏尔泰的生命的确是法国启蒙运动的一个部分（结果，“法国启蒙运动”这个词项无疑比“伏尔泰

---

① 亨利希·李凯尔特：《自然科学概念形成的限度》，图宾根，1921年，第294—295页。

的生命"这个词项有"更丰富的涵义")。因此,那个逻辑原则只不过不应用于这些词项罢了,正如它不应用于"汽化器"和"机动车"这两个词项一样;因此,没有一对词项可以算作那个原则的例外。总之,认为对人类过去的历史研究迥然不同于普遍化的自然科学或社会科学,这一论点看来没有什么基础,无论是就其说明的逻辑模式而论还是就其概念的逻辑结构而言。

三、历史研究中反复出现的问题

可是,即使历史说明没有绝对独一无二的逻辑特点,即使历史的方法论问题在其他研究部门中也有类似的对应物,但一些问题所产生的困难和分歧,在对人类过去的事件的可靠说明的探求中,表现得尤其尖锐突出。我们将考察三个这样反复出现的问题:历史研究的选择性对实现历史客观性的意义;把相对重要性次序赋予因果因素的合理基础;以及关于过去的反事实判断的作用和基础。

1. 和其他的科学领域一样,历史研究也要对研究的具体材料进行选择和抽象,不管一个历史论述可能有多么详细,它绝不给予实际发生的东西以详尽无遗的叙述,这已是一个老生常谈的问题了。很奇怪,虽然自然科学家很难因为他们自己的研究部门与历史研究在这些特点上的平行而变得不安,但历史研究的选择性特征,却继续成为历史学家在其他学科和对人类过去的研究之间进行强烈对比的主要理由,继续成为许多历史学家对获得"客观的"历史说明的可能性进行怀疑的主要支柱。当我们讨论对一门不受价值约束的社会科学的障碍时(第十三章),我们已讨论了这些怀疑论主张所提出的绝大多数问题。我们将不详细考察同样的理

由，而只是简要地考察一些所谓的困难，这些困难是在确立那种主要与历史研究相联系而被引用的有充分根据的说明时碰到的。

a．历史学家有时为这一情形深感苦恼，即他们无法指望再现已经发生的事情的“完整的真实性”，或者，他们无法指望阐明已发生的事情的完整的因果条件，因为对一个事件的历史论述只能考虑它的一些方面，在追溯它的前因后果时必须在某点上停下来。例如，依查尔斯·A·比尔德之见，

> 首要的问题是：关于这个称为历史的无所不包的总体，我们能够知道什么呢？成千上万的历史事实已由训练有素的学者们的研究无可争辩地确立起来。图书馆里充满着这些事实。……但我们能抓住这个包括一切关系的总体，了解它，表达它的规律，把它还原到精密科学或任何类型的科学吗？如果人类事务的每个特定主题都只处理一个方面，而那个方面受其他方面的支配，那么，我们就必须向我们自己提出这个问题，除非我们决意做教条主义者，决意确定任意的讨论界限，决意对我们的知识弄虚作假。

但由于人的心灵无法包含那种天衣无缝的过去连续性，比尔德认为，从这个总体中“挑选‘事件’和‘原因’是人的意志所为，那是基于在人们的价值观和旨趣观上出现的某个目的”，结果，对一个过去事件提出的每个说明都打上了随意性和主观性的标志。[1]

---

① 引自C·A·比尔德：《对人类事务的讨论》，麦克米兰公司，1936年，第79—81页。承蒙Wm.比尔德和M·B·瓦茨惠允。

这个看法所提出的基本问题是：对过去某个事件的论述是否必然会由于这个纯粹的事实而受到扭曲、发生错误，这就是：历史学家致力于一个有限的问题，并试图通过不处理整个过去的研究来解决这一问题？可是，对这个问题的回答是肯定的，这一论点会得出一个观点，即我们不可能有对任何东西的足够知识，除非我们知道每一个东西；这个观点是一切关系的"内在性"学说这样一个哲学学说的推论。[①] 若这个学说可靠，则有限的智慧所能构造的每一个历史论述，都不得不被看作是对实际发生的事情的那种必然被弄得支离破碎的翻版；实际上，一切科学，一切分析论述都不得不以同样的方式受到谴责。但是，只有根据如下假定，一切历史论述都是内在任意的和主观的这一看法才是可理解的，这个假定就是：对一个题材的知识必须等同于那个题材，或者必须以某种方式再现它；这个假定，以及与此伴随的看法，必定会因为荒谬而受到拒斥。这样，无法合理地把一张地图表征为是对它所表示的区域的歪曲翻版，只因为这张地图并不符合那个区域，或者并不提及在那个区域中可能实际存在的每个东西；相反，一张按比例绘制但不略去任何东西的"地图"，才是一个全然没有目的的怪物。

类似地，知识作为历史研究成果，不是不合适的，只是因为它不是关于过去的每个东西的，或者因为它只回答那个激起这一研究的关于过去的具体问题，而不回答关于发生的事情的每个其他问题。然而，一切推论性知识都是为了解决确定的（因而得到界定的）问题而制定出来的研究的产物。因此，如果一个历史说明

---

① 就是这个学说：一个事物所具有的属性或关系（如在人类的情形中，结婚的属性，或某一天口袋里装着5元钱的属性），由于其他一切事物的属性或关系而在逻辑上成为必然，结果，每一事物在某种程度上都与其他的每一事物相关。对这个学说的批判，参见拙著《至高无上的理性》，伊利诺斯，1954年，第15章。

无法陈述“自从人文开始它漫长的历程以来，这个星球上的一切所说、所做和所思”，[①] 就要把这个说明表征为“主观的”，那么，这不仅是客观性的一个无法实现的理想，也是一个荒谬的理想。因此，历史研究处理过去那些经过选择的方面，或历史说明并不认为每个东西都与别的每个东西因果相关，单是这一事实并不是怀疑能够得到客观上有保证的人类历史的恰当理由。

b. 一个略有不同但有关系的错误观念也构成了这些怀疑论怀疑的基础。有时暗中假定，由于一个事件的每个因果条件也有它自己的因果条件，因而这个事件绝不会得到合适的说明，除非在这个完全倒退的（以及理论上无穷无尽的）因果条件系列中的词项也都得到了说明。例如，有人论证道：

> 在亚特兰大（美国一城市）的一次洗礼布道，若我们试图对其进行说明的话，则就会通过新教改革而把我们带回到加利利——甚至更远地上溯到朦胧的文明源头。如果我们选择的话，则沿着这条关系路线，我们可以停留在任何一点，但是，那是一个随心所欲的行为，它歪曲了对事实真相的探求。[②]

---

① C·A·比尔德，《对人类事物的讨论》，第69页。

② 同上，第68页。值得嘲讽的是，作为一位从事实际研究的历史学家，比尔德的理论怀疑论，并没有阻止他为众多的历史事件提供得到严格阐述的说明。他把美国内战解释为两个不相容的经济制度之间斗争的顶点，这个令人信服的说明是众所周知的。他同样坦率地声称，美国联邦最高法院在1857年所作的德雷德·斯科特决案，是最高法官麦克利恩的政治野心的产物，麦克利恩是反奴隶制的法官之一，他为了赢得共和国总统的提名而计划发布一个支持限制奴隶制的提议。比尔德对这个问题的结论是，“无疑，麦克利恩不惜任何代价强烈坚持颁布他的观点，这是强使亲奴隶制的法官站出来反对密西西比和约之有效性的主导因素。”——C·A·比尔德和玛丽·R·比尔德：《美国文明的兴起》，纽约，1930年，第2卷，第19页，引文承蒙出版家麦克米兰公司惠允。

但对真理的篡改是由于停留在这个后退系列中的某个任意点上吗？B不是A的一个原因，仅仅是因为C是B的一个原因吗？当一颗行星在规定时间的位置是按照万有引力理论和有关太阳系在某个先前时间的初始条件的信息来说明时，基于这一理由，即这些初始条件本身还没有得到说明，它们是太阳系的更早的形状的结果，这个说明因而是不能令人满意的吗？由于气体运动理论本身还没有得到说明，因而在按照该理论来说明玻义耳定律上就存在缺陷吗？由于论证毕达哥拉斯定理的起点是一组依次还没有得到证明的假定，那个定理的证明就是可疑的吗？这些问题都是修辞性的反问，对他们的回答显然一律是否定的。假设任何说明根本上都不能令人满意，除非构成它的一切要素也都得到说明。那就是在认同一种混乱，这种混乱构成了荒诞的非理性主义哲学的基础。而这种哲学则对人类发现事物的“真正”本质的推理性智力丧失了信心，因为它们认为科学研究不能回答为什么有的东西存在，而不是根本上不存在任何东西的问题。

此外，与要为之寻求说明的亚特兰大的洗礼布道相联系的究竟是什么东西呢？为什么一个特定的人在一个规定的时间和地点进行一次布道呢？为什么他选择一个特定的经文和主题？为什么那个场合碰巧出现？为什么浸礼会在亚特兰大兴旺发达？为什么浸礼会发展为一个新教教派？为什么出现了新教改革？为什么基督教在古代兴起？为什么发源了文明生活？这些都是不同的问题，对其中任何一个问题的合适回答，并没有回答其他的问题，甚至与其他的一些问题毫无关联。因此，一旦合理地使要待说明的事件变得确定，那么，认为一位历史学家对那个事件的说明，只有当他完成一系列

说明(这些说明中的每一项都是对前一个说明中所采取的资料的说明)时才是客观上得到保证的,这就变得自相矛盾了。另一方面,一个问题可能暗示另一个问题,由此导致了一系列可能无穷无尽的新研究和进一步的说明,这个事实不过是证明了一个特定题材的巨大复杂性,证明了科学事业的渐进特征。它并不支持如下论点,即除非完成这样一个系列,否则对一个特定问题提出来的每一个解决都必然是对真理的肢解。

c. 有必要注意一下对人类历史固有的主观性(或"相对性")的怀疑论论证的另一个方面。按照这个论证的一个有影响的形式,历史学只是记忆的人为扩展,有许多因人的官能而来的欠缺。尤其是,一个人记住的东西不仅是他所经历的东西的片断,而且必然沾染上了他的自我形象,他在不同时间的不同关注。类似地,这个主张继续道,历史作为社会记忆,必然受到一些社会因素的影响,比如说,为了维护它的那些按照目前的问题来设想的传统和理想,为了按照记忆中的过去来预期未来,社会所具有的需要的影响。因此,卡尔·贝克尔这样认为:

> 活生生的历史,我们在记忆中拥有的事件的理想系列,由于如此密切地与我们的思想和行为相联系,因此不可能在任何既定时间都精确地保持一样,或者说,不可能对一代之于另一代都精确地保持一样。

因为,虽然历史学家可以获得对相对"简单的事实"的那种有客观根据的知识,但这些事实的建立只是他们任务的一小

部分。[①] 实际上，"一般地讲，一个历史事实越简单，它就越清楚、越确定、越可证，但它对我们的用处以及其本身的用处就越小。"相反，历史学家试图"解释"这样的事实；他们因此继续履行以前由吟游诗人和故事家来行使的职能。

> 扩大和丰富我们共同具有的那些貌似有理的东西，以便社会（部落、民族或人类）可以按照它已做过的事和它碰巧做过的事来评价它在做的事。

因此，这个论证推断道，由于事实并不表明它们自己的意义，而只具有历史学家赋予他们的意义，由于一位历史学家对过去的一个特定事件的意义赋予，无法通过考察这个事件在变化的条件下反复出现的"规定性"来加以检验，因此，不可排除的个人因素或主观因素就进入了每一个历史重建之中。[②]

然而，虽然无可争议的是，各种各样的承诺（社会的、宗教的、意识形态的、伦理的或道德的）所产生的偏见经常渲染着那

---

① 当为了评价各种各样证据的真实性和可靠性，而采用现在的内部批评外部批评技术时，在历史学家当中，在某个所谓的事件实际上是不是确实发生（比如，在公元1000年的前夜，在欧洲是否发生一次一千年的恐慌）这样的"简单事实"上，通常几乎达到了完全的一致；当那个事实确实发生时（比如，独立宣言是不是在1776年8月2日而不是该年的7月4日签署的）；谁是参与它的人（比如在滑铁卢战役中，英国国王乔治四世是否在场），等等。

② 卡尔·贝克尔："每个人自己都是历史学家"，《美国历史学评论》，第37卷（1931—1932年），第227—232页；也见他的"什么是历史事实"，《西方政治学季刊》，第8卷（1955年），第327—340页。这些怀疑论的怀疑并没有阻止贝克尔在他的后一篇论文中以如下观察结束他的论证：不像历史研究，自然科学的发展对社会生活曾有显著的影响。"100年的科学研究已经改变了人类的生活条件。我们都知道这是怎样改变的。"一位职业历史学家要实践他在形式上可能认同的那种关于历史知识的怀疑论，显然困难重重。

些乃至其能力和个人诚实都无可询问的历史学家的重建,[①] 但这个论证很难保证对历史客观性之可能性的那种全盘的怀疑论。首先,没有证据支持这一主张,即社会的当前问题总是决定着历史学家对过去的具体问题所进行的研究的特征。实际上,历史学家对一个特定事件有时给出极其类似的论述,不管他们是不同社会团体的成员,或者尽管他们有不同的个人承诺;反过来,他们有时提出相当不同的说明,即使他们享有共同的先入之见。[②] 此外,即使历史学家在其中工作的社会气候对他们的研究有决定性的影响,但在历史研究中,对有客观根据的结论的展望不会因此必然无望,因为对客观的历史研究的追求,很可能是受一个社会珍视和激励的理想,是支配着历史学家的研究的理想。

其次,虽然历史学家对一个既定事件提出的说明往往有所不同,但它们不是必然不相容的。如本章先前所指出的那样,历史说明并不陈述一个特定事件发生的充分条件,只是在对某个事件的充分条件的提及上,对该事件的各个可供取舍的陈述可能有所不同(而且确实经常不同),结果,这些可能的说明是相互

---

① 在非独裁主义国家的历史学家中,为了某个有所偏爱的原因而故意进行证伪的情形极其罕见;无批判地接受那些论证有错或支持得不合适的对所谓事实的陈述,这不是历史学家表示他们的党派忠诚的最寻常的方式。其实,对同一时期的两个历史论述来说,每一个都可能只包含关于特定事实(或"简单"事实)的那些无疑是正确的陈述,但每一个又都会被一个独特的偏见打上烙印,这不是不可能的。因为在它们提到或没有提到的东西上,在它们并列它们报告的同样事件的方式上,或者在它们对它们允许起作用的各种因素的强调上,这两个论述可能会有所不同;因此,一个论述实际上可能是对人类努力的目标和限制的一种看法的论证,而这种看法与另一个论述所捍卫的看法完全对立。

② 对在处理美国内战这一论题上,历史学家所采取的不同探讨的讨论,参见霍华德·K·比尔:"历史学家对美国内战原因的看法",《历史研究的理论与实践》,社会科学研究联合会公报,第54号(1946年),第55—102页。

补充而不是相互冲突的。的确，在赋予他们用来作为一个事件之必要条件的各个因素的相对“重要性”时，历史学家们往往有所分歧；但正如我们将看到的，虽然与这种判断相联系存在着严重困难，但这些困难并非原则上不可克服。

第三，重新制定过去的一个特定事件，这在逻辑上显然是不可能的，但这种逻辑的不可能性并没有证明对那个事件的历史说明不是可检验的，因而不可能具有客观根据，这个论证若是可靠的，则一个极其类似的论证就会证明，在对因某一行为而被指控的被告定罪时，法庭所作出的任何判决都不可能以客观证据为基础。可是，虽然审判有时确实导致错误的判决，但声称每一个诉讼都以审判不公而告终，乃至声称法庭结论的正确性纯属偶然，就是一个荒唐的夸张了。如已（在第十三章）指出的，除了公开的实验处理之外，还有其他获得可靠的事实知识的技术。

最后，必须承认，历史学往往是作为一种艺术而被实践的，它在某些方面可与诗歌相比拟，历史重建往往并非旨在于交流知识，而是以戏剧性的方式描绘人类的过去行动，旨在于激起和增强对人们的品质和抱负的那种积极的心态。不过，一篇历史论文的那种精心拟定的道德情趣，并非内在地不相容于它是对所讨论的事件的合适的客观说明。类似地，自然科学家有时也被道德目的和美学目的打动，他们在拟写其研究成果时所怀有的道德激情和文学艺术才能（比如伽里略在物理学中，近年来德阿克·汤普逊在生物学中），并没有自动损害他们的阐述的那种有客观根据的内容。

总之，对于可靠的历史知识的可能性来说，在已经提到的这些考虑中，没有一个为关于这个可能性的那种无条件的怀疑论提供了辩护。

2．虽然有时把科学说明的目标规定为发现现象发生的充

要条件，但我们多次指出，甚至在自然科学的最高度发达的分支中，这个理想都难得实现。此外，历史研究也许不暗中指向这个目标，与物理科学和生物科学相比，它无论如何都与这个目标相去甚远。在他们正常的研究活动中，与他们有时所说的不同，历史学家似乎并不为这个明显的事实烦扰，即除了阐述他们所研究的事件发生的一些必不可少的条件外，他们的说明从不阐述别的什么东西。他们可以承认，通过把"假使其余情况均相同"这个从句附加到他们的说明上去，他们不考虑充分条件，但他们也力图指定某个事件的部分决定因素，而不是全部决定因素，并力图在这些部分因素中，鉴定出那些他们认为是"最重要的"、"主要的"、"基本上的"、"原则上的"因素。例如，在一位历史学家看来，美国介入第一次世界大战的"主要原因"，是德国采纳了无限制的潜艇战；虽然也提到了其他已经起着重大作用的"有贡献的"因素，但他们从不认为这些因素竭尽了事件的决定要素。

相对于它们的"相对重要性"而对因果因素的"权衡"，经常被认为本质上是"任意的"乃至"无意义的"而不予考虑，其理由有二：一个事件发生以前，把它选择为一个特定事件而不是某个事件的原因(例如，由于无限制的潜艇战是德国对英国进行封锁的反应，因而后者的发生正如前者的发生一样有时被说成是美国介入这场战争的原因)，那是没有保证的；或者，没有任何可以证实的含义能够赋予与因果因素相联系的这样一些特征，如"最重要的"、"原则上的"。必须承认，自然科学似乎勿需把相对重要性程度赋予那些进入其说明之中的因果变量；忍不住要断然否定的是这一可能性，即变量的这种分级有一个客观基础，否定的理由是：如果只有当某些条件实现时一个现象才发生，那么所有这些条件同样都是本质的，结果，不能有意义地说一个条件比

其他条件“更基本”。而且，也必须承认，绝大多数历史学家似乎不把任何确定的意义与他们关于各个因果因素的相对重要性的陈述联系起来，这些陈述往往只具有修辞的力量，而没有任何可以在经验上证实的内容。

不过，不仅在历史学家的著述中发现了这种陈述，而且在其他研究人类事务的学者的著作中，在人们所使用的有关日常生活事务的语言中，也发现了这种情形。例如，社会科学家声称，对于青少年犯罪来说，家庭破裂是比贫困更重要的原因，或者，对于经济落后状态来说，缺乏有训练的劳动力是比缺乏自然资源更根本的原因；做父母的有时争辩道，教室过分拥挤是他们的孩子在学校成绩不佳的主要原因。这种陈述中显然有意蕴含着某种东西，尽管往往不清楚它们究竟指什么。虽然作出这种陈述的绝大多数人可能都会同意，他们的陈述的真实性往往是可争论的，但他们大概都会拒斥这一建议：这种陈述是无意义的，每当他们断言一个这样的陈述时，他们总是在胡说八道。

因此我们必须力图弄明白这种陈述的意图。可是，那些把相对重要性次序赋予决定社会现象之因素的陈述，似乎与种种意义相联系，为此，必须区分“最重要的”的几种含义。因此让我假设 A 和 B 是一个现象 C 以某一方式据以依赖的两个因素，每个因素都得到清晰的指定；对于“A 是 C 的比 B 更重要（或更基本，更根本）的决定因素”这个形式的陈述，让我们考虑它们通常所表示的一些可能意义。

a．首先假设 *A* 和 *B* 都是 *C* 产生的偶然必要条件，至于它们的共同出现是不是 *C* 产生的条件，把这留作一个有待进一步探讨的问题。让我们进一步假设，当“其他情况保持不变”时，（由于 *C* 的变化）*A* 的变化极其频繁地发生（也许超出了实际控

制)，但 B 的变化是如此不常发生(或能够得到有效控制)，以致于出于实际目的，可以忽略它们。这指定了一个意义，在这个意义上，作为 C 的决定要素，有时说 A 比 B 更重要。这样，假设强烈憎恨进口货和迫切需要额外经济市场，这二者都是一个工业国家采取帝国主义外交政策的必要条件；又假设在一个相对短暂的时期，那个国家对外国事务的憎恨几乎没有变化，而对外国市场的需要则迅速增长。那么，在"更重要的第一个意义上，对额外经济市场的需要与对外国事物的憎恨相比，是对帝国主义更重要的原因。因此，如果发现某个国家在一指定时期已着手搞帝国主义侵略政策，如果研究表明在这个事件之前，那个国家的市民对外国事物的态度没有显著变化，但它的一些工业周期性地发生的生产过剩已对新的市场产生了日益增长的需求，那么，一位历史学家可能会认为，对这两个因素来说，后一个因素是导致帝国主义政策的更重要的因素(在第一个意义上)。

b. "更重要的"第二个含义有些复杂。又假设 A 和 B 都是发生的必要条件。但假设有某种方式"测量"变量 A、B 和 C 的变化——至少在这个有限的意义上，即虽然每个变量的变化量可能无法与其他变量的变化量相比拟，但在任何一个变量上的变化都是可以比较的。进一步假设，在 C 上的一个比例较大的变化是由在 A 上的任何既定比例的变化产生的，而不是由在 B 上的同等比例的变化产生的。因此，作为 C 的决定要素，与 B 相比，A 可能被赋予较高程度的重要性。例如，设对工业生产率来说，适量的煤的供给以及熟练劳动力都是必不可少的，但每增长 10% 的熟练劳动力就使产量大大提高(用某个方便的指数来衡量)，这个产量比通过增长 10% 的煤的供给量所获得的产量要大。因此，在"更重要"的第二个意义上，能否得到熟练劳动力比能否得到煤是工业生产率的一个更重要的决定因素。

c. 接下来假设 A 是 C 的一个偶然必要条件，虽然 B 不是一个这样的条件，但它属于相互独立的因素（B、B_1、……、B_n）的一个集合 K，以致于 K 的某个成员的出现是 C 的一个必要条件。又假设 K 的各个成分以大约相同的频率出现，在每个情形中，发生的频率都远大于 A 出现的频率。因此，由于 K 的某个成员出现的频率大于 B 出现的频率，这样，即使 A 出现时 B 不应出现，但 C 的必要条件仍然可以得到实现，因为 K 的某个其他成员出现了。当说 A 比 B 更重要时，这些规定便指定了可能是经常最想要的"更重要"的含义，这样，设移居的一个必要条件是不满意故国的政治条件或经济条件，又设进一步的必要条件是某个"突然"事件的发生（比如失业，得到在异国将有美好前程的消息，获得支付旅程的基金，等等），这里，在这些可能的突然事件中，总有一个事件发生的可能性高于其中一个特定事件发生的可能性，比如说，一个盼望中的移民获得了一笔意想不到的资金。按照这些假定，政治不满或经济不满是比获得旅费更重要的迁居原因。也许正是在目前的这个意义上，德国采取无限制的潜艇战据说是美国介入第一次世界大战的"主要原因"。

d. "更重要的"第四个含义与第一个类似但又有所不同。设 A 和 B 的共同出现不是 C 产生的一个必要条件，但或者当 A 与 X 共同出现或者当 B 与 Y 共同出现时，C 就产生，这里 X 和 Y 都是另外没有指定的决定因素；又假设 A 结合 X 比 B 结合 Y 出现得更频繁。在这个情形中，可以说 A 是 C 的比 B 重要的决定因素。这样，设发生汽车故障，要么是因为驾驶员的疏忽，要么是因为汽车的有关部位出了机械故障。又设机械故障引起事故的频率远小于驾驶员的疏忽导致事故的频率，在此，对于汽车事故来说，疏忽是比机械故障更重要的原因（在第四种意义上）。使用类似的假定，一位历史学家可以作出类似的推断：对于

1914年第一次世界大战的爆发来说，德奥对泛斯拉夫主义的恐惧是比A·弗兰茨·费迪南德在萨拉热窝的被刺更为根本的原因。

e. 又假设A和B的共同出现不是C产生的必要条件；但现在假设，当A实现但不是B实现时C产生的相对频率，大于当B实现但不是A实现时C产生的相对频率。当类似这样的假定被视为理所当然时，作为C的一个决定因素，经常说A比B更重要。例如，对于青少年犯罪来说，家庭破裂是比贫困更根本的原因，最好把这样一个陈述解释为意味着，来自于破裂但不贫困的家庭的青少年中，犯罪的相对频率远大于其父母贫困但与孩子和睦相处的青少年中犯罪的相对频率。当一位历史学家在研究一个社会在一既定时期青少年犯罪率的上升，并且把上升归咎于破裂的家庭的数目和受贫困所迫的家庭的数目的增长时，他因此可能会赋予第一个因素以比第二个因素更大的重要性。

f. "更重要的"最后一个含义需要明确阐述。设A是理论T的一个基本的(或规定性的)理论概念，但B不是，又设T能够说明一大类现象(包括C，当补充以种种合适的专门假定时)；进一步假设，为了说明C，须引入一个涉及到B的专门假定，虽然没有这种指称B的专门假定也能说明T的应用范围中的绝大多数其他现象。因而，当前提包含对A的指称但不包含对B的指称时，T能够说明的这组现象在数目上远大于其说明需要指称A和B的那组现象。这样，不仅对于B是其一个决定因素的现象，A是一个决定因素，而且对于B不是其一个决定因素的现象，A也是一个决定因素；因而可以说，作为C的一个决定因素，A比B更重要。例如，惯性力的概念是牛顿力学的中心概念，但摩擦力的概念则不是；一大类现象都可以借助牛顿理论得

到说明,而不必指称摩擦力。另一方面,只有当以某些关于摩擦力的专门假定来补充牛顿理论的假定时,才能合适地说明沿着一个斜面滚下的弹子的运动。作为决定斜面上的物体运动的因素,在目前的“更重要的”意义上,惯性力比摩擦力更重要。对于法律制度来说,当一些人认为,在一个社会中,起作用的生产关系和财产分布是比它的宗教实践和宗教信念更基本的决定因素时,他们就是想说一些与这个短语的这个意义相似的东西。这个看法的倡导者往往认为,借助一个完全按照关系来表述的理论,就能说明一大类社会现象。可是,他们也普遍认识到有组织的宗教对社会的影响。但他们似乎认为,只有当这一理论用于说明社会行为的某些有所限制的领域或方面,比如说某些法律的颁布或任命某些人到司法部门时,才需要以关于宗教制度的专门假设来补充这个理论。

还能区分“更重要”或“更基本”的其他含义,但这儿提到的这六个含义是人类事务的讨论中最频繁意指的含义。可是,指出这一点是中肯的,这就是,虽然往往可以为那些使用这种表达式和相关表达式的陈述找到一个很确定的含义,但这些陈述可能不具有事实依据。实际上,甚至当历史学家关于一个事件的各个决定因素的相对重要性的陈述,具有一个绝对清晰且可以证实的内容时,在绝大多数情形中,这个陈述是否得到足够证据的支持,仍值得怀疑。在历史学家尤其关注的绝大多数现象发生的相对频率上,几乎没有什么可以得到的统计资料。在权衡因果因素的重要性时,研究人类历史的学者不管是否愿意,都只得依赖于猜测和模糊的印象。因此,就一个事件的主要原因究竟是什么而论,在历史学家的判断上,往往存在着广泛分歧,一个历史学家的意见不见得比另一个更有根据。在历史研究中,最终是不是可以根除在因果归因的建立上存在的这一弊病,仍

是一个未决问题；在这点上，进行实质性改进的前景似乎不太明朗，因为为了进行这种补救性评价，可能耗费的劳力和金钱都令人乍舌。但不管怎样，目前，对有关事件的因果决定因素的相对重要性的绝大多数判断，采取一种明智的怀疑论是妥当的。

3. 可是，迄今为止还没有提到历史学家通常是以什么特殊的方式来指定事件的相对重要性次序的，也就是说，当他们断言关于过去的反事实条件句时，他们如何安排这一次序。需要简要地评注一下这个方式。经常把反事实判断引入历史分析，往往是为了支持某个这样的主张：某一事件对随后的发展具有至关重要的意义。为此，引用一个著名的例子。一些历史学家相信，公元前490年的马拉松战役是人类历史上具有决定性的军事冲突之一；他们用一个反事实判断来支持这个信念，这就是，倘若波斯人得胜，则东方的僧侣政治宗教文化就可能在雅典建立起来，结果，希腊的科学和哲学——西方文明的源头——就不会发展起来。

有时论辩说，反事实判断在历史分析中没有恰当的位置，这是因为引入这样的判断不是历史学家的责任，或者因为要为反事实判断找到合适的根据是无望的。比如，在一个具有影响的思想流派看来，历史学家的工作是发现实际发生的事件，是确定人类生活的一个历史时期是通过什么连续的变化从一个先前的历史时期中发展出来的；因此，虽然诗人或道德家应该关心可能已发生的事件，这很恰当，但一位研究过去的严肃学者要这样做则不合时宜。此外，一些历史学家扬言说，反事实判断是基于这样一个假定，即可以把过去分析成为一组简单的、可孤立的、自洽的、外在相关的事件，结果，任何一个这样的事件的发生或不发生，据说不会激烈地改变其余事件之间的关系。可是，在这些作者看来，对于人类历史的题材来说，这个假定站不住脚，即使

它应该对自然科学的题材有效。按照他们的观点，过去的事件是如此地相互关联，以致于一个事件的假设的不发生，就会使一切其他事件都发生根本的变化；由此他们推断，若某个特定的事件没有发生，则要确立起会发生的事件，那是不可能的。[①]

但不能通过这样的论证，就把有关什么可能已发生的假定从历史学中驱逐出去。除了靠避开一切相关性判断、避开对已经发生的东西进行说明的一切试图外，反事实判断不可避免。我们早就指出(在第四章中)科学定律和虚拟陈述之间的密切联系；由于历史说明至少要求暗中使用一般假定，因而一般假定至少通过蕴含而断言了反事实条件句。这样，当一位历史学家发现，阿拉伯文化对整个北非和南西班牙的渗透是导致希腊学术于11世纪在西欧复兴的一个因素时，他实际上是在认为，若穆斯林军队没有在非洲和西班牙获胜，则随后欧洲的文化发展就会是一个不同的结局。若他不持这种看法，那么他把因果作用赋予阿拉伯文化的渗透就变得毫无意义，那不过是他对他正在讨论的事件的一个时间上的列举。因此，那些拒斥反事实判断在历史学中的可能性的人，必定也一致否认对人类历史上的任何事件进行说明的可能性。

---

① 参见查尔斯·A·比尔德：《人类事务的讨论》，第42—46页。下列引文简要地阐述了反对历史学中反事实判断之可能性的情形："若某个特定的假设事件已经实现，或者某个特定的真实事件还没有实现，那么要追问世界会变得如何，那绝对是枉费心机。若汉尼拔已摧毁罗马，那么会发生什么呢？若路易十六能够逃往海外，又如何呢？若拿破仑还没有出生，又会怎么样呢？历史进程都会被这些假设中的无论哪一个改变；但以何种方式改变呢？在迦太基最后胜利之后，历史的游戏已提供了多种多样的可能性，而在这些可能性之中，机会已经决定，正如在罗马胜利之后，在对人类开放的难以计数的可能性中，机会就已经决定了一样。机会的这种连续不断的相互作用，使得根据不现实的假设来重建现在和未来纯属空想。"——皮埃尔·德·图尔德龙：《规律发展的哲学》，纽约，1922年，第631页。

不过，为人类历史中的反事实判断提供合理的可靠根据，一般来说实非易事。这个任务无疑比许多其他学科中的类似任务都要困难，部分原因在于，正如经常指出的那样，对不是反复发生的事件进行实验是不可能的，但很大程度上是因为在历史学家对之进行这种判断的绝大多数问题上，缺乏相关的资料。即使存在这些缺点，但这个任务不像通常所声称的那样毫无希望。反事实判断怎样在实际上得到保证的一个例子，将有助于我们澄清这个任务必定面临的困难，澄清历史学家在试图解决这些困难时引入的考虑。为此，让我们考察一些历史学家建立如下论点的根据，即马拉松战役对于西方文明具有决定性的意义。

按照一种论述，对已征服的国家（如犹地亚）使用现存的宗教制度作为统治那片领土的工具，是古代波斯人的普遍实践；因此，对战败国的人民强化对宗教教条的严格依附，这种潜在的政治控制工具在雅典也一定存在，它在形式上表现为种种阻拦疑问态度的神秘崇拜，这些崇拜甚至可能源自东方。于是，严格恪守宗教教义和宗教礼仪的要求，这既与政治民主不相容，又与对艺术、科学和哲学的无拘无束的追求不相容。因此，可能的是，波斯人在马拉松的胜利就会赋予那些神秘崇拜在雅典以支配地位，因而使那些不利于雅典社会的理性运用和合理组织的因素占据统治地位。①

这个或然性论证的结论显然不是无懈可击的。不过这个论证确实也为其结论提供了理由充足的支持；它证明了对反事实判断在人类历史学中的可能性的全盘反对，本质上与实际的

① 参见爱德华·迈耶："历史学理论的方法"，载《小品集》，1902年，马克斯·韦伯："文化科学逻辑的批判研究"，载《社会科学方法论》，伊利诺斯，1949年。

历史分析无关。可是，对于在这个论证中被视为理所当然的一些前提对这个问题的事实有效性和可应用性，尚可以提出一些合法的怀疑。比如说，艺术、科学和哲学在极权主义社会就不会繁荣昌盛的假定是可靠的吗？尽管这个假定广为具有民主意识的思想家接受，但也存在着一些显著例外，结果，只有在种种限制之下对其进行论断时，它看来才是有保证的，虽然还不清楚需要什么限制，也不清楚这个假定的一个有限制的形式是否会支持我们讨论的结论。接下来考虑那个关于古波斯人在被侵占国的统治实践的假定。即使这个假定可靠，但它对所讨论的问题的可应用性不能认为是理所当然的，我们首先必须确信波斯确实旨在于征服雅典。或许大流士没有使雅典成为波斯辖地的意图，而只是计划惩罚对他有所冒犯的希腊城邦，恢复他的朋友希波亚在雅典的权力而已。除非排除这种可能性，否则以波斯在被征服国家的统治实践作为波斯在战败的雅典的可能行为的证据，其恰当性就大可怀疑了。此外，即使排除了这一可能性，尚可争辩的是，那种统治实践在希腊是否已得到服从？的确，波斯是在用一只铁掌统治它在小亚细亚的征服地。但雅典比爱奥尼亚离波斯更远；或许因此波斯在雅典的统治就会变得不那么苛刻。①总之，虽然这个论证的结论不是毫无根据的猜测，相反它有某些可靠的事实支持，但这个支持性论证的一些部分涉及到一些重要的不确定性——我们目前对人类行为规律的知识，我们可以得到的关于过去的证据，都不足以消除这些不确定性。

可是，在保证人类历史中的反事实判断上，或许一个主要的

---

① 对这些问题的讨论，参见 J·B·伯里：《希腊史》，纽约，1937 年，第 243—244 页。

困难——正如在一切不完全的演绎推理或不完全的纯形式推理中存在的困难一样——是一个逻辑问题，即如何评价一个既定假说的那些往往有所冲突的证据的权重，如何比较各个可能假说从各自可获得的证据中得到支持的程度。与我们在整理论证性推理原则时的收获形成鲜明的对比，对于履行这些关键性的重要任务来说，目前还没有那种得到普遍接受和明确表述的、充分广泛的逻辑规则系统。确实，概率的数学演算通常被看作是对非论证性推理的逻辑准则的整理；但是概率演算对于评价论据强度的相关性是值得怀疑的，不管这一相关性怎样引起广泛争论。因此，甚至那些关于具有高度实际重要性的东西的结论，也往往是在这种证据的基础上才得到接受的，这种证据的证明力量以一种富有个人特征的方式得到评估，不同的人对其作出不同的评估。

缺乏明确表达的一致标准来测度和组合证据性前提的权重，这无疑是在历史学家当中引起众多分歧的原因——当他们评价种种因果因素的相对重要性时，因而，当他们作出关于人类过去的反事实判断时。例如，即使他们使他们的判断立足于看似同样的证据，但对于各个人在一定历史时期所起的作用，具有同等能力历史学家往往得出互不相容的评价了。因此，对于与他们的分析高度相关的那些推测的可能性，他们便提供了有歧意的估计，比如说这一可能性——要是林肯活着的话，在说服国会改变它对待南方的辩护态度上，他会比安德鲁·约翰逊更成功。

但是，当需要结合几个证据性前提的权重，并估计它们结果具有的证明力量时，缺乏共同的逻辑标准便愈发惹人注目了。通过讨论马拉松战役的重要性，便可证明这一需要。我们想通过作出如下假设来纲要性地指出这一点。假设：(a)相对于一个

东方专制国家征服一个民主制国家的证据 e,历史学家在指派一个高概率给如下假说方面保持一致,这个假说是,战胜国将不容许战败国继续保留其制度;(b)相对于具有原始通讯手段和运输手段的两个国家被一段相当大的距离分隔的证据 e′,历史学家在指派一个低概率给如下假说上也保持一致,这就是,这两个国家之一将对另一个国家的制度施加一个有支配作用的影响。让我们现在把证据 e 和 e′这两项结合起来,假设扩充得到的证据 e″陈述的是:一个东方专制国家,只具有原始的通讯手段,但与一个民主制国家相隔相当大的距离,它征服了这个民主制国家。对于许多研究者来说,一个有代表性的问题是由一个质疑提出的:相对于 e″,假说 h″——这个东方专制国家将会严重损害乃至摧毁被征服社会的民主制度——的概率是什么?若有普遍认识到且有充分根据的规则从(a)和(b)所假设的概率中评价这个概率,那么就可以一致合理地解决这一问题:马拉松事件是不是如经常所声称的那样对西方文明具有决定性的意义?可是,历史学家,正如其他人一样,当他们尝试作出这样的评价时,他们也只好转而依靠其直观判断,结果,他们对所要求的概率提出的估计,有时在很宽广的极限之内变化。

另一方面,虽然有关既定证据的证明力量的分歧有时大得让人失去信心,但幸运的是,对于那些人们对之具有大量经验的东西,当他们赋予关于这些东西的假说以一定的概率时,他们通常也有实质性的一致。这种一致表明,尽管缺乏得到明确表达的非论证性推理逻辑,但经过试错法,人们已获得了许多没有经过系统阐述的思想习惯,这些思想习惯体现了非论证性推理的可靠原则。例如,经过长期的实践,一位医生可以发展一些分析习惯,这些习惯使他成为一位格外有能力的诊断家,而他却不曾意识到他在引出推理时暗中采用的逻辑规则;类似地,经过反复

尝试，一位人类事务的研究者可以获得那种评价证据的权重和重要性的能力，虽然他没有系统地表述其方法的逻辑。因此，虽然在人类历史中，反事实判断绝不可能不受怀疑地确立起来，虽然在特定的情形中，反事实判断往往是可疑的（如果不是必然错的话），但特殊的怀疑和错误都不是在原则上拒斥反事实判断之真正可能性的合适理由。

四、历史中的决定论

1920年，一位有名望的历史学家考察了一些名人对一些重要历史事件所施加的看来是决定性的影响，比如说英国的新教改革、美国革命、议会政体的发展。然后他评价了这些名人的决断和行动在导致那些事件上起的所谓关键作用，概括了他的发现，并作出了如下推断：

> 这些巨大的变化似乎是以某种方式不可避免地产生的；看来事件有一个独立自主的趋势，有某一控制着人类事态进程的不可抗拒的必然性。……只要经过仔细考察，经过小心细致的权衡估量，在真正的视野中进行安排，便会发现，在历史上，个人的、因果的影响在意义之中沉没了，巨大的周而复始的力量若隐若现。可以这么说，事件便是由自身引起的；这就是说，诸事件是如此一致地不可避免地出现的，以致于不仅把物理现象，而且也把人的自发行动作为原因而排除掉。
>
> 因而就产生了历史规律的概念。历史、人类事态的伟大历程，已经不是个人或个人的团体所表现出来的自发努力的结果，它并不那么随机；相反，历史已受

规律的支配。①

这段引文所表达的观点，是一种人类事态观的一个变种，这种观念为人熟知而且继续被广泛持有。它有时被发展为神正论的附庸；有时被认为从属于一种浪漫的宇宙有机论哲学；有时被看作附属于一种貌似“科学的”文明理论——这一理论在非个人因素，比如地理、种族或经济组织的作用中寻找人类兴衰的原因。尽管其间差异重大，但这种种历史的不可避免性学说享有一个共同的前提：深思熟虑的人类行为（无论是个人的还是集体的）在改变人类历史的进程中是无能为力的，由于历史变化据说是深层力量的产物，而这种深层力量遵从固定的、虽然或许不总是已知的发展模式。

历史学家和哲学家已屡屡表明历史的不可避免性学说是站不住脚的；再一次揭示它的缺陷不是目前讨论的目的。指出如下这点便足矣，即在它的一些变化形式中，这个学说没有经验内容，由于没有可以设想的经验证据适合于检验该学说的那些变种的真伪。而且，当这样来表述这个学说，以便能在经验上对其加以检验时，可得到的证据既不支持一切人类事件都论证了一个统一的、跨文化不变的发展规律这一论点，也不支持作为一个决定性的因素，个人或集体的努力在社会变革中没有发挥作用这一论点。可是，不要把对这些主张的拒斥解释为否认在许多历史情形中，个人的选择和努力毫无价值，也不要把它解释为否认，对于指导社会变化的历程来说，人类的力量存在着可以确定的局限性——可以由物理事实和地理事实，由生物天赋，由经济生产方式和可得到的技术技艺方式，由传统和

① 爱德华·P·切尼：《历史规律及其他论文》，纽约，1927年，第7页。

政治组织，由人的愚昧无知，以及由人们先前的种种行动等提出的局限性。

另一方面，在批判历史的不可避免性的人当中，最近有许多人更多地超出仅仅否认这个学说的那些显然言过其实的主张。他们已经打算向他们信以为是这个学说据以立足的基本前提进行挑战，这就是这一观点——人类事件只有在决定的和决定作用的条件下一般才会发生。因此，这些批评者已试图表明，彻底的决定论与已确立起来的人类历史事实，以及与如下假设都相容；这个构成一切道德问题讨论之基础的假定是，人类是真正地对他们深思熟虑的选择和行动负责。而且，拒斥历史不可避免性学说的许多思想家，也是心理学研究和社会研究中当前潮流的严厉批评者；他们认为，由于在这些研究中所采用的行为主义（或“自然主义”）方法论据称在根本上立足于决定论前提，因而当代社会科学正在摧毁人类自由的信念，从而削弱道德努力的基础。

本章的剩余部分所关注的，正是对决定论的这样一些批评。可是，这些批评很少阐明如何来解释作为一个普遍论点的决定论；虽然这个论点的批评者有时把它等同于历史不可避免性学说，[①] 但一个更为广泛的概念往往在预想之中。因而我们必须简要地回想一下在第十章中对“决定论”这个词的意义的说明，当在自然科学中来理解它时，由于这个含义似乎也是往往把决定论说成是历史不可避免性学说的基本前提的含义。

---

① 比如，在一位历史学家看来，决定论是这样一个学说，“按照这个学说，我们毫无希望地卷入那一切都是在从前开始的一场运动的支配之中。”——比特·海尔：《与历史学家争辩》，纽约，1956年，第236页。但这不是一个具有代表性的观点。

借助于一个物理化学系统的例子来总结我们对决定论的早先讨论是很方便的，这个物理化学体系被公认为是决定论系统。[1] 该系统由苏打水、威士忌酒、冰的混合物组成，装在一个密闭的真空瓶里。这样，假设瓶子中没有空气，混合物完全与其他东西隔离，比如说与环境中的热源隔离。此外，该体系需要讨论的唯一特征是“热力学变量”，比如，体系成分的数目（在本例中，成分是水、酒精和二氧化碳）、这些成分所出现的相或聚集类型（本例中，水以固相、液相和气相出现）、在每个相中成分的浓度、混合物的温度、以及瓶壁上的压力。众所周知，对于既定的温度和压力来说，体系中的各个成分将以确定的相以不同的浓度出现。这样，若混合物的压力升高（例如通过挤压瓶塞），则气相水的浓度降低，但液相水的浓度增加；对于温度上的变化，情形也类似。体系的变量因而相互间处于一定的依赖关系之中。结果，在任何给定时刻，一个变量的值可以说是由其他变量在那个时刻的值“决定的”。

现在假设，在某个初始时刻，体系处于一定的“状态”（亦即，变量都具有一定的具体值），在那个时刻，由于在一个或多个变量上所诱发的某一变化，在一时间间隔 t 之后，体系处于某个其他的定态，但又假设，以某个方式把体系带回其初始状态，并在变量上也诱发与从前一样的变化，在同一个时间间隔 t 之后，体系又回到第二个状态。若体系以这种方式表现其行为，则不论把什么状态看作初态，不论时间间隔 t 有多大，相对于这组指定的热力学变量而论，可以说体系是“决定论的”。

---

① 这个例子取自于劳伦斯·亨德森：《佩尔图的普通社会学》，坎布里奇，马萨诸塞州，1935 年，第 3 章，它在那里用来例证按照佩尔图的看法，一个社会系统是决定论的含义。

如果不专门指涉这个物理化学例子，则“决定论”可以被相当一般地定义为这个论点：对每一组属性(或“变量”)，存在着相对于那组属性而言是决定论的某个系统。因此，“历史决定论”是这样的论点；对历史学家可能关注的每一组人类行为、个体特征或集体特征、或者社会变化，存在着相对于那些东西而言是决定论的某个系统——可是，这里没有指定该系统的状态变量。现在我们可以回到我们为本章的剩余部分提出的任务，回过头来讨论对历史学中的决定论的种种批评。对要待考察的这个决定论论点的异议分属以下标题：(1)对历史不可避免性学说的虚假性和在人类事态中不存在“必然发展规律”的论证；(2)对人类事件的不可预言性的论证；(3)对决定论与人类自由的现实的不相容性的论证；但我们最后将以(4)终止我们的考察，即(4)对该论点本身的有效性的反思。

1. 可以简洁地阐明第一个论证，从而也就迅速地把它打发走。这个论证基本上旨在反对那些自以为是的历史哲学，不论它们在方向上是宗教的还是世俗的，这些历史哲学声称，在自人类有始以来发生的多种多样事件的相继更替中，发现了一个固定的发展模式，或者至少是发觉了在不同社会或文明中反复展现的、不变的相继变化秩序。从这样一些哲学的观点来看，在一个无法更改的变化结构中，每个人类行为似乎都有一个确定的位置，每个社会在能够获得一个随后的阶段之前，必定要经历一系列固定的先前阶段。而且，虽然人类个体是导致历史运动的明显力量，但在许多历史哲学那儿，人类行动至多只被看作“工具”，经由这个工具，某些力量——按照永恒的规律发挥作用和演变——开始显现出来。

这种类型的历史经常抱有很大的戏剧性文学色彩的幻想；

在它们的读者当中,没有几个人愿意否认通常进入这种历史的构思之中的那种巨大的想象力和令人惊奇的博学。但正如已曾提到的那样,当实际事件的证据与对这种历史哲学的评判完全相关时,这种证据必然是否定性的。在把这些历史哲学拒斥为虚假的这一点上,它们的批评者有万无一失的根据。

不过,从历史的不可避免性学说的虚假性,难道就能得出这一结论吗?这就是:在人类事态中不存在因果联系,就历史学家所讨论的事件而论,决定论是一个神话。相信的确得出了这一结论的那些新近的批评者们,并没有为他们的主张提供明确的理由,他们似乎是把他们的论点建立在决定论系统必须是一个怎样的系统的极其褊狭的看法上。他们似乎认为,由于人类的过去没有显示出像一个构造精密的天文钟的有规律的周期性那样的东西,因而人类历史中的事件不可能是一个决定论系统的要素。可是,虽然一个既定系统没有例证相对简单的变化图式,但它本身显示了更复杂更生疏的依赖关系模式。此外,即使情况应是这样,即一个特定系统相对于一组指定特征来说不是决定论的,但那或许是因为没有把这个系统从外部的影响中充分地孤离出来(如在钟的情形中,因为涨落磁场的影响,它的运动表现得"没有规律性");因而可能存在某个其他的系统(一个或许把外在影响也包括在原来系统中的系统),它相对于这组既定特征而言是决定论的。不管怎样,即使同意历史的不可避免性学说是假的,同意在人类历史中不存在必然发展规律,但有足够的证据表明,比如说,西班牙在17世纪势力的衰落,部分是其经济政策和殖民政策的结果,或者,布尔什维克革命成功的一个必要条件是列宁的领导。总之,反对决定论的第一个论证没有能实现它的目标。

2. 决定论的批评者们倾向于强调这一异议,即人类事件在

相当大的程度上是不可预言的。在这点上，必须区分“不可预言”的两个含义。一个事件在“技术上”是不可预言的，如果因为人们在特定时间所具有的知识或技术有所限制，他们缺乏有效的能力在根本上预言这个事件，或在某一精确性程度以上预言这个事件。可是，在这个意义上无法对事件进行预言，这显然不是对决定论的严重异议；比如说，决定论论点的任何批评者都不会去争辩说，地震不具有其发生的充要条件，理由在于我们目前还不能预报什么时候下一次地震会发生。

另一方面，一个事件在“理论上”是不可预言的。如果这一假定——能够无限精确地预先推算该事件的发生——与“自然律”不相容，也就是说，与主要的科学知识尤其是与得到证实的科学理论不相容。用于例证这个词的这种含义的常规例子，便是按照当前的量子论，亚原子过程能够被预言到的有限的精确度。可是，明显的是，即使人类事件被认为在理论上不可预言，但是，作为对决定论论点的一个异议，只有当把该论点等同于这一主张即原则上能够绝对精确地预言事件时，这个推测才有力量。[①] 的确，无疑可以赋予“决定论”一个意义，以致于它的含义将与“可预言”的含义相吻合。但在这两个词的内涵之间这样确立起来的等价性，便是一种任意命令的结果，因为事实上并没有普遍地把这两个词作为同义词使用。倘若它们同义的话，那么，假设在理论上认为不可预言的某个东西还是可以被决定的，就是荒唐的。可是，尽管量子力学属于目前的科学知识主体，但正

---

① 这种等同由莫里茨·石里克提出：“‘A决定B’只能意味着：B能够从A中推算出来。这就意味着，存在着一个普遍的公式，当以某些值代替A的初始条件，另外把一定的值指派给像时间 t 这样的变量时，这个公式就证明了B的产生。……‘被决定’这个词因而精确地意味着‘可预言’和‘可以预先推算’的含义。”——莫里茨·石里克：“现代物理学中的因果性”，《论文全集》，维也纳，1938年，第73—74页。

如普朗克、爱因斯坦等人认为的那样，认为亚原子过程具有其产生的决定性条件，对某些亚原子过程的预言的精确性没有提出上限的那样一种对量子理论的取舍是值得向往的，这并不是自相矛盾的(虽然可能是错的)。

但不管怎样，在社会科学中得不到可与量子力学相比拟的东西，使得这种东西成为人类事件在理论上是不可预言这一假定的基础。实际证据也没有证实这一主张，即人类行动事实上根本不可预言。认为人的未来的每个细节都能被预言，乃至声称人类过去的每个事件都可以从那些可以得到的资料中推导出来，这一想法未免荒唐可笑。另一方面，认为我们完全没有能力以绝对正确的保证预言人类未来的任何事情，这也并非不荒谬。指出这一点几乎是老生常谈，即我们的人际关系、政治安排和社会制度、交通运输部门和法律行政机构不可能是它们现在这个样子，除非关于人类过去和未来的相当有把握的推理成为可能。的确，我们不能绝对确定地预言谁将是下届美国总统，但若我们把美国人当前对国内外问题的态度视为理所当然的，若我们也考虑目前世界力量的联合，我们的确有充分的根据确信，在下一个闰年期间将有一次总统选举，任何一个主要的政党都不会提名共产党，成功的候选人将既不是妇女也不是黑人。这些预言在某些方面是不定的，因为它们没有以一种排除一切只剩下一个可能抉择的方式来预言未来。不过，这些预言*的确*排除了大量的逻辑可能性；它们的确暗示了这一事实：虽然那些将参与即将来临的事件的人们在其行动上可能有相当大的自由选择范围，但他们的实际选择和行动将落在一个相当确定的极限之内。这一切的明显意义是，在一既定时期，对于一个特定的人类社会来说，不是每个在逻辑上可能的东西在历史上也都是可能的；对这个事实的同样明显的解释是，对于人类事态中已经发生和即

将发生的东西来说，都存在着决定性条件。

另一方面，甚至我们对过去事件的实质性说明，我们对未来事件的预言，几乎都总是不精确的、不完备的。因为我们对过去事件的论述——无论这些事件是个体事件还是集体事件——难得说明实际发生的确切细节；正如我们已看到的，它们有可能成功地揭示的只是这些根据——正是这些根据使得那些多少得到模糊表述的特征有可能发生。但我们已经考察了支持历史说明的或然性结构的理由，这些理由中没有一个是拒斥决定论的根据。

3．我们将考虑的最后一个论证是，彻底的决定论与道德哲学的基本公理不相容，那就是，严格地说，人们要对他们的决定和故意的行动负责。自古以来，对决定论的这个异议一直就是哲学争论和神学争论的一个主题，但在当前人类历史学和社会科学的讨论中，它又流行起来。我们将考察这个异议提出的一些问题，这些问题在艾塞亚·伯林的一本书中以某种方式出现。[①] 这本书基本上是对一种历史哲学的毁灭性批评，这种历史哲学把人类舞台看作是对不能为人的努力改变的一种无法回避的命运的展现；此书也认为，这些历史哲学简直就是人类事态是被完全决定的这个假定的必然推论。对于伯林提出的那些拒斥决定论的理由，我们将不予考虑，由于我们已表明，决定论论点不保证历史的不可避免性学说；但我们必须讨论他致力于反对该论点的两个论证。

a．在第一个论证中，伯林的起点是这个共识，如果一个人被迫履行某个行动，如果他没有按照自己的自由意志有选择地

---

① I·伯林：《历史的不可避免性》，伦敦和纽约，1954年。

从事这个行动，那么不能严格地认为他对这个行动负责。因此，倘若一个人真正地对一个行动负责，那么，如果他的选择有所不同，则他的行动可能已经不同了。但伯林也相信，按照决定论论点（他把该论点理解为否认存在着任何没有完全为规律决定的人类生活领域），这个人不可能选择与他事实上选择的方式有所不同的东西，明显的理由是，在决定被作出之时，这个人的决定是由他对此毫无控制的情景决定的，比如说由他的遗传习性或他的那些由先前的行动形成的特性决定的。因此，对于接受决定论论点的人来说，一个人能够选择不是他所作出的选择，这个推测肯定是一个幻觉，这个幻觉是我们无视那些决定其选择的事实的结果。伯林因而推断说，决定论必然排除个人责任感，因为按照决定论，说明人的行动的不是人的自由选择，而是决定其选择的条件。例如，他声称，

> 由于不如我高而责备我，或者认为我的头发的颜色，我的智力素质或我的心脏素质主要都是由于我的自由选择，没有谁会否认这种做法的愚昧和残忍；这些残忍全然不是由自我决定的。若我无限制地推广这个范畴，则无论什么东西都是必然的、不可避免的。……责备和赞扬，对各个可能的行动方案的考虑，对历史人物的表现进行褒贬，这一切都成了荒唐之举。

他又补充说：

> 若我确信，虽然选择的确影响所发生的事件，但这些事件本身完全是由那些不能为个人控制的因素（包括他自己的动机和行动的根源）决定的，那么，我一定

不认为他在道德上应受责备或赞扬。[1]

对此有两个恰当的评注。

i. 首先,远远不清楚的是,伯林所使用的"自我"的概念究竟为何。因为按照他的观点,虽然不仅要把人自我与其躯体区分开来,而且也要使之与任何选择(这些选择不在其控制之内。但至少部分地决定他要作出的选择)、与他的行动源泉、他的倾向及其动机区分开来,因为后面这些东西同样不在他的控制之列。这样,当以最轻微的方式把影响一个人在关键时刻的行为的一切因素都排除掉时,要知道自我还剩下什么东西,是困难的。

依伯林之见,只有在这种情形中,自我的决定才是"自由的",这就是,设想某个人精心策划他应采取的行动路线,然后在他所思虑的几个不同的抉择中作出决定,但是,当我们试图理解这个意义上的自我概念时,上述困难并没有由此就削弱了。个人往往不会意识到他最终可能作出的决定是对一套包含习惯和变化无常的冲动的东西的表示,不会意识到他对一些选择予以关注,而对另一些选择则置之不理,正如他平时没有意识到他的心跳或产生心跳的器官一样。看来一定不可能的是,当一个人从被询问他最终作出的选择是否确实就是他自己的选择的那种茫然失措的惊讶中醒来时,他会犹豫不决地说当然是的。但若一个人应该意识到这些关于他自己的东西,那么,他会认为他的选择就不太像是他自己的选择了吗?这看来也是不可能的,正如当一个人发现其太阳穴的跳动是由其心脏的有节律的收缩引

---

① I·伯林:《历史的不可避免性》,第26—27页。

起的时，他不会否认这个跳动是他自己的太阳穴的跳动一样。

可是，就决定是不是一个人自己作出的这个问题而论，在伯林看来，在每个情形中，对这个问题的回答显然都是否定的。这样伯林就面临着一个并非不可解决的难题，即发现一个人自己固有的某个活动或特性，但对“固有”这一概念要附加一个条件：任何东西，凡是在因果上取决于别的东西，它就自动取消了作为自我的一个真正部分的资格。他的问题类似于当他向自己提出一个这样的任务时，他就会面对的问题，比如说，描述一个运动着的棒球但又不提及它的任何属性（这些属性的产生应归咎于任何媒介），如棒球制造者、击球选手或者照耀它的太阳），这样做的理由在于，由于棒球的一些为人所知的属性如大小、形状、颜色和运动状态已经由外在因素决定，所以它们不是棒球本身固有的。

自我的界限是如何引出的？这些界限又何在？这些问题无疑不是易于决定的问题；对它们的回答取决于对自我的不同情形的鉴定，乃至取决于在设想自我的方式上的文化差异。但无论怎样来引出自我的界限，最终也不应该来这样划出界限，以致于结果便没有什么东西等同于自我了。一个人为的不可解决的难题肯定不应该是由这个事实构成的，即我们往往意识到我们自由意志的活动，而又不存在外在的约束，即使同时我们也意识到，我们的一些选择是我们的倾向、我们过去的冲动和目前的行动的产物。

ⅱ．第二个评注必须针对伯林的论证。在什么条件下可以恰当地把人看作是负责任的主体呢？表面上看，伯林对这些条件的讨论极其类似于那些通常用来表明如下这点的推理，即按照现代物理学的发现，常识世界观是一个幻相。例如，已经有人论辩说，按照物理学，由于像桌子这样的日常对象是由相对大的

距离隔开的迅速运动的微粒构成的复杂体系，所以认为桌子“确实”是具有连续表面的坚硬固体便是虚幻的。但是，如经常指出的，这个论证纯属谬误。它犯了一个根本的错误，即认为：由于像“固体”、“坚硬”、“连续”这样的常识词项在日常意义上使用时不可应用于像分子聚集体这样的东西，因而这些词项不可正确地应用于像桌子这样的宏观物体。[①]

伯林的讨论有一个类似的瑕疵，因为他以类似的方式论辩说，若存在着负责任的行为所产生的决定性的生物条件和心理条件，则人们就无法真正地对其行为负责了，因为无法把责任感(在这个词的同样意义上)恰当地赋予那些条件。不过，人们经常制定深思熟虑的抉择，在这些抉择之间作出决定，这是一个经验事实，当然也可以予以证明；就那些使细想和选择成为可能的生理条件和心理条件而论，我们在其中已发现或即将发现的东西，没有什么能够用来作为否定深思熟虑的选择的确发生的证据(除非不惜犯不连贯性的致命错误)。

另一方面，应该恰当地指出，是否正确地认为一个特定的人应对某个行动负责，这是一个经验问题，在假设他对该行动负责上，我们可能犯了严重错误。例如，我们可能发现某个人仍然还是小偷，尽管我们已通过奖惩尽力教育他，尽管他自己似乎在认真地改过自新。然后我们可能会推断说，他野性难移，无法控制他的某些行动，这样继续认为他应对那些行为负责，不免就会出错。不过，事实依然是，不应该由此非难在一个人能够支配的行动和他无法支配的行动之间的区分——如果我们会发现那些获

① 对这个论证的一个有影响的阐述，参见阿瑟·S·爱丁顿：《物理世界的本质》，纽约，1929年，尤其是第XI—XIV页；对爱丁顿的严厉批评，见苏珊·斯特宾：《哲学和物理学家》，伦敦，1937年。

得和显示对行动进行支配的能力的条件，那么，这个区分就不会变成多余的。总之，倘若一个人是以一个正常的道德主体所表现的方式来行动的，那么就可以正确地把他刻划为一个有责任的道德主体；这个刻划仍然是正确的，即使在他作为一个负责任的人而活动时，使之充当一个道德主体的生物条件和心理条件不在他的控制之内。

b. 伯林还有第二个旨在反对决定论的论证。他认为，无论决定论论点的真实性如何，大多数人的日常思维其实并没有染上信任该论点的色彩。在他看来，若思想受其感染，那么，在人们进行道德区分和表达道德劝告时，他们使用的语言就不是其实际上的那个样子了。因为语言的日常使用都暗中假设人是能够自由选择，自由活动的，与他们实际上进行选择和活动的方式不同。可是，伯林推断说，如果我们确实相信决定论，那么，日常的道德区分就不可能应用于任何东西，我们的道德经验就不可思议。①

但让我们来考察这一主张：一位始终如一的决定论者不可能在惯常的意义上采用日常的道德论述。

ⅰ. 这个主张要根据直截了当的经验证据来评判吗？如果需要这样做，那么，虽然还没有系统地收集相关资料，而且可得到的信息无疑也不是结论性的，但我们确实拥有的大多数证据

① “若决定论者的假说是真的，适宜于说明现实世界，那么，就可以在一个明显的意义上来谈论这一结论（尽管已采取一切非凡的诡辩术来阻止这个结论），即人的责任感的概念，当像通常那样来理解时，就不应应用于任何现实事态，而只应用于想象的或可设想的事态。……说（正如一些历史学家和一些有哲学癖好的科学家倾向于做的那样）一个人好像接受了决定论者的假说，但继续像我们现在这样思想和说话，就是在孕育理智混乱。”——伯林，同上引，第32—33页。

都不支持这个论点。许多虔诚的宗教信仰者的话语，尽管像哲学家斯宾诺莎一样尽说空话，但它们也为如下看法提供了一点理由，即，尽管全心全意地明确依附一种彻底的决定论，但许多人已发现没有什么心理障碍阻止他们去进行正常的道德评价。只须引用一个例子便足以说明这点，主教波舒哀在写他的《论普遍历史》时，其中有一个意图便是给法国皇太子的得体行为提供指导，但他在该书中也声称：

> 使帝国成败的一系列互相联系的具体原因取决于天意。高高在上的上帝握住了王国的缰绳。每颗心都握在他的手里。有时他抑制激情，有时他让它们自由放纵，从而使人类焦虑不安。这意味着上帝按照绝不可错的规则来执行他那令人敬畏的判断，正是他通过最遥远的原因预定了结果，正是他敲响了其反应是如此广博的重重一击。①

波舒哀相信，上帝与人类自由的现实性的和谐一致是一种超验之谜。但不论这种一致是什么，他似乎毫无困难地认同了人类历史的天意观（因而决定论观），他也无所困难地采用（与伯林的论点相矛盾）日常的道德语言来表示那些为人所知的道德区分。

ⅱ．可是让我们假设，伯林在持有如下看法上是正确的，即，如果我们的确逐渐相信彻底的决定论，那么，我们的道德论述的意义就会发生变化。这个假设的事实证实了什么呢？回想

---

① 雅克·波舒哀：《论普遍历史》，第3部分，第8章，初版于1681年，转引自G·J·雷尼尔：《历史学的目的和方法》，伦敦，1950年，第264页。

一下在其他思想领域中可与之比拟的情况是恰当的，在这些思想领域中，与种种语言表达式相联系的意义，由于采纳了新的信念而发生变化。这样，今天大多数受过教育的人都接受行星运动的日心说，可是，虽然他们继续采用“日出”、“日落”这样的术语，但在他们使用这些术语时，其意义并不等同于托勒密学说占据统治地位时这些术语所具有的意义。不过，经由这些术语的整理而得到的一些区分，当与地心说的思想发生联系时，甚至在今天也不是没有根基的，因为在许多观测和分析情形中，通过说日出于东方而没于西方来描述事实，也不是不正确的。我们显然已经学会使用这种语言来表示仍然可靠的区分，而勿需承诺完全依赖于地心说的其他区分。

这样，由此类推，如果与伯林的假设保持一致，即我们的确逐渐相信决定论，那么，我们也不会因此忽视在当前的语言中，被描述为得到“自由选择”的行为和没有得到“自由选择”的行为之间的区分，不会漠视在一个人能有效地控制的性格特征和个性与不能有效地控制的性格特征和个性之间的区分。而且，不管怎样，作为信念变化的结果，当目前使用的表达式的意义发生变化时，情况仍然会是这样的，即某些类型的行为受赞扬和责备的影响，而其他类型的行为则不受这种影响，一些人通过努力能够改进其行为素质，而另一些人则不能这样做，人们能够通过合适的训练来控制和改变他们的一些冲动但不是另一些冲动，等等。总之，与其惯常意义相联系的日常道德语言，我们进行各种各样的行动的特异能力，很大程度上比对决定论论点的普遍接受有更长的生命力。否认这一点就是认同一个令人难以置信的假定，即只有通过相信决定论，人们才会转变成为这样的生物——几乎没有谁会承认这种生物不同于在其理论信念的转变之前他们原来的样子。

因此，无论是在逻辑上还是在心理上，对决定论的信任并非不相容于我们对日常的道德语言的使用，并非不相容于我们把道德责任感赋予人类。由此看来，只有当引人不经证明的假定作为辩护前提，而且这些前提又使得进行道德区分就会得出对决定论的否决时，所谓的不相容性才能确立起来。

4. 不过，倘把决定论论点解释为关于无论什么东西的范畴特点的陈述，那么，虽然在反对决定论的论证中，没有一个论证是无法反驳的，但也没有一个论证得到了结论性的证实，或者能被结论性地反驳。这样来解释的决定论论点还没有得到结论性的证实，由于也许存在着我们不知道其决定性条件的一组无穷的事件；如早先（在第十章）对“绝对偶然性”概念的讨论所指出的，对于这样一些事件来说，决定性条件事实上不存在，这至少在逻辑上是可能的。另一方面，这个论点不能被确定地否证，由于不能发现某个事件的决定性条件，这不等于证明事实上不存在这样的条件。因此，不可能成功地把这个以严格全称形式来断言的论点，捍卫为关于我们实际所了解的世界的一个得到充分证实的概括。

可是，当我们把决定论解释为一个调节原则，它以一种综合性的方式表述实证科学的主要目标，即发现事件发生的决定要素时，就可以最清楚地看出决定论论点在研究中的效用。决定论，作为一个调节原则，当给予它一个高度专门化的形式，而不是给予它我们一直在考虑的这个高度一般化的形式，以致于它提到了在发现某些类型的事件的决定性条件的努力中，我们正在寻求的具体的实质性变量时，它无疑是最有成效的。这样，我们先前讨论过的拉普拉斯决定论概念，就是这个原则的一个高度专门化的实例，在这个概念中，所提到的实质性变量是位置、动量和力；这个概念曾一度充当一切物理学研究的指导原则，虽

然甚至在物理学中，它最终也被一个形式不同的专门化的决定论原则所取代。类似地，在心理学和社会科学中，采用这个一般概念的特殊形式也取得了硕果，比如说，那些把遗传、条件反射、经济生产方式、社会分层这样的因素规定为决定种种现象之要素的调节原则，就是这个原则的特殊形式。

可是，虽然这些专门化的指导原则只是在有限的范围内才有效，但现在明显的是，任何一个特殊原则的价值的有限性都不是谴责那个作为一般调节原则的决定论的根据。以一种教条主义的方式来强调使用某种特殊形式的决定论原则，这无疑会常常妨碍知识的进步；同样勿庸置疑的是，这个原则的某些具体形式往往也被用来为邪恶的社会实践辩护。不过，放弃决定论原则本身也就是脱离科学事业。不管我们对丰富多彩的人类经验的洞察是多么敏锐，不管我们对使用科学成果来阻挠人的个性发展的危险是多么担忧，根本上不可能的是，我们的最大兴趣是阻止我们对那些决定人的特征和行动的存在条件进行客观的研究，因而是关闭那把我们从虚无缥缈的境界中逐渐解放出来的大门，而这种解放正是来自于通过这种研究获得的知识。